

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilní



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Liberec 2007/08

Andrea Hanáková

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA TEXTILNÍ

Katedra textilních technologií

Studijní obor: Mechanická textilní technologie

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Metody testování oděruvzdornosti splétaných šňůr

Testing methods of abrasion resistance braiding cord

Autor: Andrea Hanáková

Vedoucí práce: Ing.Martina Syrovátková

Konzultant práce: Ing.Lukáš Matela, Ph.D.

Rozsah práce

Počet stránek: 53

Počet obrázků: 21

Počet tabulek: 3

Počet grafů: 3

Počet příloh: 26

Prohlášení

Prohlašuji, že předložená bakalářská práce je původní a zpracovala jsem ji samostatně, s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucí bakalářské práce a konzultantem.

Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušila autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním bakalářské práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byla jsem seznámena s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé bakalářské práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé bakalářské práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědoma toho, že užít své bakalářské práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Liberci, dne 9.5.2008

Podpis:

Poděkování

Dovoluji si touto cestou poděkovat své vedoucí bakalářské práce Ing. Martině Syrovátkové a svému konzultantovi Ing. Lukáši Matelovi, Ph.D. za cenné rady, odbornou pomoc a zájem, který věnovali mé bakalářské práci, také technikovi Jindřichu Šámalovi za jeho zručnost a šikovnost při výrobě odíracího zařízení.

V neposlední řadě musím poděkovat své rodině a přátelům za podporu během studia, bez nich by tato práce nevznikla.

V Liberci dne 9.5.2008

Andrea Hanáková

Anotace

Bakalářská práce se zabývá problematikou měření oděruvzdornosti technických splétaných šňůr z polyesterových, polyamidových a polypropylenových vláken, sloužících k různým účelům.

Teoretická část je zaměřena na definici oděru a způsoby odírání lan a plošných textilií. Dále na technologii splétání, a vlastnosti vláken ze kterých jsou splétané šňůry vyrobené.

Součástí experimentální části je navržení principu zařízení, které by mohlo sloužit k měření oděruvzdornosti a úprava stávajícího zařízení, zejména třecího ústrojí, které bylo kompletně navrženo a vyrobeno.

Navržené zařízení vyhovuje pro objektivní posouzení oděruvzdornosti šňůr o průměru přibližně do 2 mm.

Výstupem práce je rovněž návrh základu normy pro posuzování oděruvzdornosti.

Annotation

Bachelor thesis deals with abrasion resistance measurement of technical braiding cords made from polyester, polyamide and polypropylene fibers, which are used to various technical purposes.

Theoretical part is focused on definition abrasions and forms of ropes and fabrics erosion. Next studies are focused on technology of braiding, characteristics of fibers from which are tested cords produced.

Experimental part of bachelor thesis includes several designs of device, which could be used for abrasion resistance measurement, adaptation of special current device - especially frictional mechanism - which was completely designed and produced.

Designed device is suitable for objective comparison of cords abrasion resistance with diameters up to 2 mm.

Proposal of “Abrasion resistance measurement” specification is one of additional products of the bachelor thesis.

Klíčová slova

Keywords

Oděruvzdornost

Abrasion resistance

Splétání

Braiding, Plaiting

Šňůra

Cord, Rope

Pramen

Strand, Stream

Počet cyklů

Cycle per second (cps)

Tvar hrany

Edge shape

Aparát/stroj

Apparatus/machine

Přídavné zařízení

Special device

Obsah

I. Úvod	10
II. Rešeršní část	11
1 Oděr	11
1.1 Oděr v ploše	11
1.2 Oděr v hraně	12
1.3 Oděr v obecném směru	13
1.4 Zkušební přístroje pro měření oděru u plošných textilií	13
1.5 Oděr délkových textilií	13
1.5.1 Způsoby opotřebování horolezeckého lana	14
1.5.2 Zweigle G522	17
2 Šňůra	19
2.1 Technologie stáčení	19
2.2 Technologie oplétání jádra	19
2.3 Technologie splétání	19
2.3.1 Textilní splétané šňůry	20
2.3.2 Technické splétané šňůry	20
2.4 Struktura šňůr	20
2.5 Technologie splétání podle typu strojního zařízení	21
2.5.1 Výroba šňůr	21
3 Materiály pro výrobu šňůr	25
3.1 Základní materiály pro výrobu šňůr	25
3.1.1 Polyamid (PA)	25
3.1.2 Polyester (PES)	25
3.1.3 Polypropylen (PP)	26
3.2 Speciální vlákna	26
3.2.1 Kevlar	26
3.2.2 Nomex	27
3.2.3 Dyneema	28
3.2.4 Uhlíková vlákna	28
3.2.5 Skleněná vlákna	29
III. Měřicí aparát	31
4 Aparát	31
4.1 Popis stávajícího aparátu	31
4.1.1 Ovládání krokového motoru	32
4.1.2 Programovatelná jednotka typu CD 30X pro řízení krokových motorů	33
4.1.3 Hybridní dvoufázové krokové motory SX23	33
4.2 Výpočty potřebné pro určení převíjecí rychlosti	34
4.3 Úpravy stávajícího aparátu	35
4.3.1 Návrhy přídatného třecího ústrojí	35
4.3.2 Upravený aparát	37
IV. Experimentální část	40
5 Experiment	40
5.1 Použité šňůry	40
5.1.1 Výběr měřených parametrů	41
5.2 Popis měřicí metody	41
5.2.1 Upínací délka šňůry	41

5.2.2	Rychlost převíjení	41
5.2.3	Tvar odírací hrany	42
5.3	Poznatky získané při experimentální činnosti	44
5.3.1	Protahování odírané šňůry	45
5.3.2	Rozdíl při oděru šňůr s jádrem a bez jádra	45
5.3.3	Opotřebování odírací hrany	46
6	Vyhodnocení výsledků	47
V.	Závěr	50
7	Seznam použité literatury:	51

Seznam příloh:	53
A: Výtah z normy ČSN 80 0816 a ČSN 80 0833	54
B: Povelový soubor pro zadání parametrů krokovému motoru	58
C: Základ normy	59
D: Vzorky šňůr	65
E: Výkresy pro zhotovení stávajícího aparátu	66
F: Výkresy pro zhotovení odíracího ústrojí	73
G: Seznam elektronických příloh na CD	79

Seznam použitých zkratek a symbolů

PA	polyamidové vlákno
PES	polyesterové vlákno
PP	polypropylenové vlákno
PAN	polyakrylonitrilové vlákno
HMPE	vysokomolekulární polyetylén (např. Dyneema)
V	volt
O	obvod válce
p	poloměr válce
d	průměr válce
π	3,14159 26535 89793 23846 26433 83279

I. Úvod

V minulosti byly vyráběny šňůry z přírodních materiálů jako je konopí, sisal, juta a bavlna. Tyto šňůry měly výrazně menší dynamickou pevnost a vyšší hmotnost. Hůř odolávaly oděru a přírodním vlivům (škůdcům, hnilobě a plísním), v mraze také praskaly, za vlhka navlhaly a pučely. Postupem času se šňůry z přírodních materiálů začaly nahrazovat šňůrami syntetickými popř. imitacemi přírodních materiálů.

Dnes je tedy základním materiálem pro výrobu technických šňůr syntetický materiál. Výroba syntetických šňůr se stále vyvíjí a zlepšuje. Vlastnosti syntetických šňůr se nemění ani když jsou mokré, jsou ohebné, i když mrzne. Nebezpečí nastává při vyšších teplotách, které mohou být vyvolány třením, taví se a měknou. [3]

Splétané šňůry různých průměrů se používají v různých textilních a technických odvětvích s různými průměry šňůr. Mezi splétané šňůry patří lana, gumolana, šňůry pro vodní sporty, švihadla, plovoucí splétané šňůry, plovoucí splétané šňůry s jádrem, polyesterové šňůry s jádrem, plovoucí polypropylenové spirální šňůry, polyamidové technické šňůry, polyesterové technické šňůry, polypropylenové šňůry a technické šňůry, polyesterové oděvní šňůry, šňůry pro výrobu tašek a to i s příměsí metalizovaných vláken a bavlněné šňůry. [11]

Dosud se nepodařilo najít způsob jakým lze objektivně a univerzálně posuzovat oděruvzdornost šňůr proto je tato problematika předmětem řešené bakalářské práce. Hlavním úkolem je návrh a realizace třecího (odíracího) ústrojí, na stávajícím aparátu, na kterém se bude testovat oděruvzdornost splétaných šňůr. Dalším cílem je navrhnout metodiku testování šňůr a vytvořit základ normy, na kterou by se mohlo v budoucnu navazovat a dle aktuálních potřeb ji dále zpřesňovat či rozšiřovat.

II. Rešeršní část

K nastínění problematiky jsem použila způsoby opotřebení horolezeckých lan a oděr plošných textilií, neboť se mi v době, kterou jsem měla k dispozici, nepodařilo najít žádnou práci týkající se přímo oděruvzdornosti splétaných šňůr.

1 Oděr

Oděr je nejagresivnější narušení povrchu plošné textilie. K takovému narušení dochází při styku mezi textilií a drsným povrchem. Dochází k odírání jednotlivých vláken, k jejich ulamování, odpadávání, ucpávání pórů textilie, k prodírání vazných bodů a rozpadu textilie.

Způsoby zkoušení oděru plošných textilií jsou rozděleny do tří různých systémů:

- a) oděr v ploše (v rovině),
- b) oděr v hraně (v přehybu),
- c) oděr v obecném směru (nahodilý).

Všechny uvedené způsoby oděru mohou být aplikovány pouze v klimatizovaném stavu nebo za mokra. [6]

Odolnost plošné textilie v oděru je možné stanovit dle normy [17] dvěma způsoby:

- a) Stanovení odolnosti plošné textilie v oděru do jejího porušení.
Porušení plošné textilie odíráním se vyjadřuje počtem otáček rotující hlavice.
- b) Stanovení odolnosti plošné textilie v oděru na základě úbytku hmotnosti.
Úbytek hmotnosti odíraného povrchu vzorku se vyjadřuje v kg dle vztahu:

$$U = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100[\%]$$

m_1 = hmotnost vzorku před oděrem [kg]

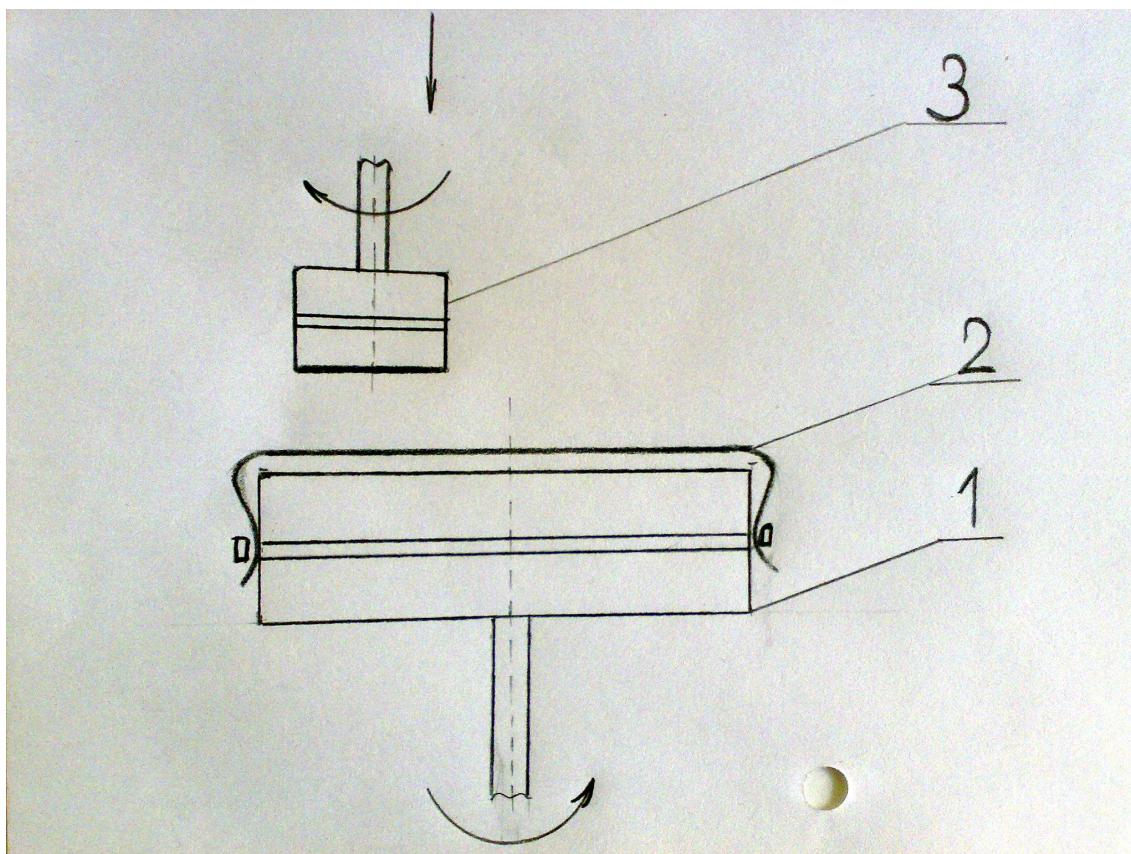
m_2 = hmotnost odřeného vzorku [kg]

1.1 Oděr v ploše

Oděr v ploše je realizován na zkušebních přístrojích, jež mají společné znaky (viz. obr. 1.1).

Popis obrázku: kruhová čelist pro upevnění vzorku (1), vzorek textilie natažený na kruhové čelisti (2), horní čelist (3), do které se upíná srovnávací textilie, smirkový papír předepsané zrnitosti (nebo kovová odírací čelist).

Kruhová a horní čelist se otáčejí opačným směrem a různými rychlostmi (otáčky jsou snímány). Po předem zvoleném počtu otáček je vzorek vyjmut a je provedeno vyhodnocení oděru na základě hmotnostního úbytku.

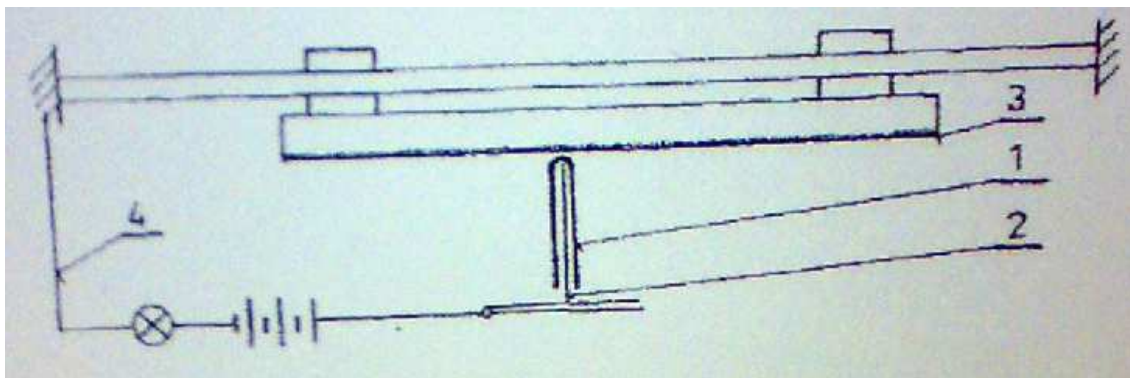


Obr. 1.1 Přístroj pro měření oděru v ploše dle [6]

1.2 Oděr v hraně

Oděr v hraně se zjišťuje tam, kde je plošná textilie přehnuta (přehyb, hrana přehybu kalhot, kraj rukávu, límec košile atd.). Jde tedy o zjištění, po kolika vzájemných pohybech dojde k prodření textilie. Pro tyto účely je zkonstruovaný speciální přístroj (viz.obr. 1.2).

Vzorek textilie (1) je přehnut přes kovovou planžetu (2). Na tuto plochu dosedá kovová odírací plocha (3), její přítlak je možno seřídit. Odírací plocha vykonává nucené pohyby a to zprava doleva a zleva doprava. Prodření textilie je pak indikováno uzavřením signálního okruhu (4). Hodnotí se doba aktivní zkoušky a velikost narušení textilie. [6]



Obr. 1.2 Přístroj pro realizování oděru v hraně dle [6]

1.3 Oděr v obecném směru

Oděr v obecném směru je založen na principu válcové komůrky. Komůrka má stěny vyloženy smirkovým papírem dané zrnitosti.

Do komůrky se vloží vzorek a po jejím uzavření se spustí vrtulový rotor. Ten náhodným způsobem pohazuje se vzorkem, který se otírá o stěny komůrky. Po určené době běhu přístroje se vzorek vyjme, očistí od odřených vláken a zváží. Vyhodnocení oděru je stejné jako v případě ad.1 \Rightarrow *vyhodnocení oděru na základě hmotnostního úbytku.* [6]

1.4 Zkušební přístroje pro měření oděru u plošných textilií

V rámci řešeršní části je součástí práce norma (viz. příloha A), která popisuje přístroje pro měření oděru plošných textilií. Norma specifikuje nad rámec obecného popisu konkrétní údaje o použitém brusném materiálu, technologický postup výměny brusného materiálu a hmotnost závaží.

1.5 Oděr délkových textilií

Schopnost odolávat oděru, dle údajů v literatuře [5], je důležitou vlastností lan, která závisí na:

- vlákenném materiálu,
- zda je lano suché nebo mokré,
- konečné úpravě (fixace, aviváž),
- konstrukci lana,
- přirozené vlastnosti povrchu,
- předpětí lana a tlaku na brusném povrchu,

- rychlosti tření po ploše.

Není znám standard pro posuzování odolnosti vůči oděru. Data o oděruvzdornosti jsou získávána empiricky podle zkušeností uživatelů. Během testování a poruch se ukazuje, která lana vyhovují lépe než jiná, což je obvyklý způsob jakým se oděruvzdornost udává.

Jsou všeobecně známé následující informace o chování materiálů v různých podmínkách.

- PES, má dobrou oděruvzdornost, obzvláště pokud je dobře ošetřen (úprava pro námořní účely)
- PAD (Nylon) má lepší vlastnosti za sucha, horší za vlhka, pokud není povrchově upraven; úprava poskytne zlepšení vlastností
- Aramid má špatné vlastnosti za vlhka i za sucha, ale mazivo a námořní úprava poskytuje zlepšení a dodává tak lepší vlastnosti
- HMPE vysokomolekulární polyetylén (např. Dyneema) je velice odolný vůči oděru, ale má nízký bod tání, takže je nevhodné, když rychlost tření nebo přítlak třecí plochy způsobují teplo
- PP je přijatelný, vlastnosti závisí na typu a průřezu (rozměru) vláken. Nízký bod tání je nevýhodou. Mnohem lépe vyhovuje ve směsi s PES
- Manilské konopí je přijatelné, ale s postupem času degraduje
- Obecně platí: povrch vláken a pramenů by měl být přibližně orientován s osou lana

Každá činnost spojená s horolezeckým lanem v terénu způsobuje větší či menší opotřebení oděrem jak na určitých místech, tak po celé délce. Oděr vzniká nejvíce třením lana o skálu a karabiny. Opotřebení lana se zvyšuje při vyšším zatížení lana a ostřejšími hranami skal. Slaňování, spouštění a tzv. top rope snižuje životnost lana tři až čtyřikrát. Tření a další předměty způsobují praskání malých vláken opletu. Oplet začne chlupatět a mezery mezi jednotlivými vlákny se začnou zvětšovat, to má za následek rychlejší pronikání vlhkosti a mikročástic prachu do lana a tím je destrukce lana značně urychlená. [3]

1.5.1 Způsoby opotřebování horolezeckého lana

V diplomové práci [3] je testováno opotřebení nového a starého horolezeckého lana třemi způsoby:

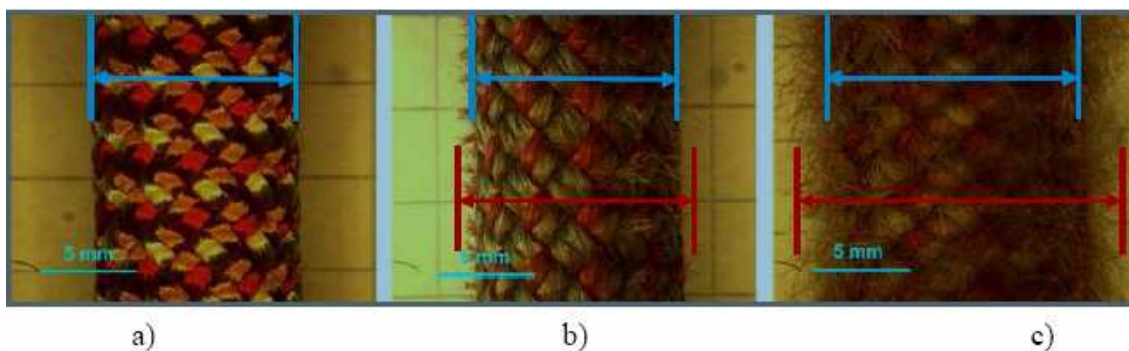
- a) obrazovou analýzou (Lucia),
- b) termomechanickou analýzou (TMA),
- c) namáháním v tahu (trhací přístroj).

Obrazová analýza

Zjišťování opotřebení povrchu lana se provádělo pomocí obrazové analýzy Lucia. Podstatou měření prostřednictvím obrazové analýzy je snímání podélných pohledů na lano s cílem stanovit průměr lana a tím i celkovou chlupatost lana.

Byly nasnímány podélné pohledy pomocí kamery. Na novém laně bylo nasnímano 40 pohledů přibližně po 1 m a na starém 450 pohledů po 10 cm.

Na nasnímaných obrázcích byl měřen průměr lana metodou úseček (viz. obr. 1.3). Na starém i novém laně je patrné opotřebení lana, ovšem na starém laně je viditelná chlupatost a změna jeho průměru v porovnání s lanem novým.



Obr. 1.3 Metoda úseček dle [3]

- a) Nové lano – jádro
- b) Kraj starého lana, jádro a chlupatost
- c) Střed starého lana, jádro a chlupatost

Velikost průřezu lana v celé jeho délce se změnila, průměr se zvětšil o více jak 1 cm, navíc došlo k značnému nárůstu chlupatosti opletu. To všechno nepříznivě ovlivňuje uživatelské vlastnosti lana. Lano je objemnější a hůře se s ním manipuluje.

Zjišťování otěru textilie je zkouška, jež zasahuje téměř do koloristických metod, neboť otěr v sobě zahrnuje zejména otěr barvy - tj. stálost vybarvení při mechanickém otírání povrchu textilie. Měření se provádí na přístroji Lucia, ale kromě změny barvy dochází i ke vzniku chlupatosti na povrchu lana a to úzce souvisí s oděrem. Lze tedy říci, že oděr a otěr lan se prolínají.

Termomechanická analýza

TMA umožňuje sledovat deformaci vzorku nebo dynamického zatížení v závislosti na čase nebo teplotě a vložené síle. TMA vyžaduje velmi citlivé měření změn rozměrů vzorku v závislosti na teplotě (dilatometrie).

Principem dilatometrického měření je zjišťování změn geometrie zkoumaných materiálů. Tato metoda umožňuje sledovat proces krystalizace i stanovení krystalického podílu, teplotu tavení, objemovou a lineární roztažnost.

Na přístroji TMA byly měřeny termomechanické vlastnosti lana. Zkoumalo se, do jaké míry se lano zdeformovalo při dynamickém namáhání v závislosti na teplotě. Vzorky lana byly podrobeny konstantnímu zatížení a sledovala se expanze vzorku lana v závislosti na teplotě. Naměřená teplotní roztažnost při 50 měřeních u vzorku starého lana byla $-137,15 \pm 17,31 \text{ ppm/}^\circ\text{C}$ a u vzorku nového lana $-59,33 \pm 47,23 \text{ ppm/}^\circ\text{C}$. Teplota skelného přechodu také při 50 měřeních byla u vzorku starého lana $63,46 \pm 4,02^\circ\text{C}$ a u vzorku nového lana $56,5 \pm 1,5^\circ\text{C}$.

Co se týká střední teploty skelného přechodu, nedá se říci, že by došlo k významné změně, vzhledem k tomu, že skelný přechod je proces, který probíhá v určitém teplotním intervalu a teplotní intervaly skelného přechodu se u příze nového a poškozeného opletu překrývaly.

U příze opotřebovaného opletu jsou hodnoty teplotní roztažnosti víc jak dvojnásobné oproti parametrům, které byly zjištěny u nového lana. To svědčí o významné změně mechanických vlastností v průběhu používání lana.

Namáhání v tahu

Na trhacím přístroji byla měřena změna pevnostních charakteristik lana. Z lana bylo vyjmuto jádro, celý oplet nového i starého – (opotřebovaného) lana byl rozstříhán na jednotlivé kousky o upínací délce 200 mm. Na opletu nového lana bylo provedeno 154 měření, na opletu lana opotřebovaného 199 měření.

U starého lana bylo v místě jednoho z největších opotřebení vyjmuto jádro. Toto jádro obsahovalo 14 pramenů a každý pramen byl trojmo skaný. Každá jednotlivá příze se rozplétala na upínací délce 300 mm a bylo realizováno 133 měření.

U téhož lana (také v místě největšího opotřebení) byl vypárán oplet na jednotlivé části. Každý splétaný pramen byl dvojmo družný. Na trhacím stroji byly zkoušeny jednotlivé příze z opletu na upínací délce 150 mm, naměřeno bylo 141 hodnot.

Došlo k výraznému poklesu tažnosti celého opletu opotřebovaného lana v porovnání s lanem novým. Z toho vyplývá, že konstrukce lana má zřetelný vliv na tažnost.

1.5.2 Zweigle G522

Na katedře textilních technologií je k dispozici přístroj pro hodnocení oděru jednoduchých i skaných přízí, popř multifilů (obr. 1.4). Měří oděr pro dvacet přízí najednou, oděr se provádí do určitého počtu cyklů nebo do úplného přetruhu přízí.



Obr. 1.4 Zweigle G 522 dle [10]

Jednoduché použití:

- počítačová kontrola zápisu dat a rozbor výsledků,
- až čtyři různé jednoduché příze /skané příze mohou být testovány současně.

Stroj je schopný redukovat deformaci poškozené příze, objevit poškození způsobené bělením nebo působením kyselin na přízi. Je možné změnit i rozpětí stroje. Stroj provádí počítačovou kontrolu zápisu dat (výstupních údajů) a rozbor výsledků.

G 552 testování oděru bylo kombinováno s počítačovým programem Windows. Počítač nejen kontroluje postup při testování přízí, ale automaticky přeruší kulatost příze. Každé porušení příze je zaznamenáno do počítače s jeho pozicí v přízi. [10].

Možné nastavení testovacího programu:

Testovací program může být rozdělen do několika skupin:

1 skupina: testuje se bez přerušení všech 1-20 přízí

2 skupiny: testuje se 1-10 přízí pak se test zastaví a poté se testuje 11-20 přízí

4 skupiny: testuje se po skupinách 1 - 5, 6 – 10, 11 – 15, 16 – 20

Do přístroje se tedy může vložit až 20 přízí a můžou se rozdělit do požadovaných skupin. Před začátkem testu musí být veškeré informace o materiálu vyplněné nebo dostupné z již provedených testů. Všechny tyto informace jsou uloženy podle názvu.. Všechny parametry testu se zapisují do nastaveného datového souboru.

Vstupní parametry:

Nastavení jména: obsah testu je uložen pod tímto jménem:

- číslo skupiny: počet skupin pro zkoušení,
- design: test je uložen pod tímto materiálem,
- zvolený identifikační materiál: vybraný zkoušený materiál,
- jemnost: první pole je jemnost příze a další pole jsou vstupní informace, vyplňuje se maximálně 20 charakteristik,
- zastavovací mód: definuje, kdy má být konec testu, jestli po určitém počtu otáček nebo po přetrhu příze. Počet cyklů může být vložen od 50 do 1 000 000 cyklů,
- závaží: hodnota závaží, které vytváří předpětí,
- brusný papír: standard = smirkový papír, ale jsou možné i další materiály.

Při průběhu testu se zobrazuje na počítači aktuální množství cyklů, která příze se přetrhla a při kolika otáčkách. Test je ukončen po dosažení zvoleného kritéria.

2 Šňůra

Šňůry se vyrábí stáčením, splétáním nebo oplétáním jádra. Průměr šňůr bývá maximálně 10mm. Pro přípravu polotovarů k výrobě splétaných šňůr se využívá technologie stáčení. Tato technologie se používá i pro výrobu skaných šňůr. Stáčení patří k nejstarším postupům výroby šňůr a lan.

2.1 Technologie stáčení

Stáčená šňůra se zhotovuje v jednom nebo více výrobních stupních z motouzů, nití z přírodních nebo chemických vláken, vlasců nebo pásků. Při stáčení se ovíjejí 3-4 prameny (z konopí nebo polyamidového filamentu) v jedné nebo dvou vrstvách kolem jádra z jedné nebo několika nití uložených rovnoběžně ve směru podélné osy šňůry. Výrobky se používají např. v čalounictví, stavebnictví nebo k vázání knih. [16]

2.2 Technologie oplétání jádra

Šňůra s oplétaným jádrem má také kruhový průřez. Podélné nitě jádra jsou opleteny diagonálně provázaným pláštěm. Šňůry se používají např. při výrobě žaluzií nebo jako izolační materiál.

2.3 Technologie splétání

Splétáním vzniká výrobek tvořený jednou nebo několika soustavami nití, které jsou vzájemně provázány vaznými body. Vzniká provázání podobné tkaní, ovšem na rozdíl od tkaní, kde se provazují dvě soustavy nití a to osnovní a útková, proplétání má jen jednu podélnou soustavu nití. Vazba může zaplňovat i dutou část šňůry. Proplétáním dochází k jejich vzájemnému provázání, vytváří se tak souvislý pramen uspořádaný do určitého tvaru. Technologií splétání získají šňůry vysokou pevnost a odolnost proti oděru.

Splétané šňůry dělíme na:

- textilní,
- technické.

2.3.1 Textilní splétané šňůry

Textilní splétané šňůry se užívají převážně v oděvním a textilním průmyslu jako doplňky oděvů, takže mají převážně dekorační charakter a nejsou na ně kladeny příliš vysoké technické požadavky.

2.3.2 Technické splétané šňůry

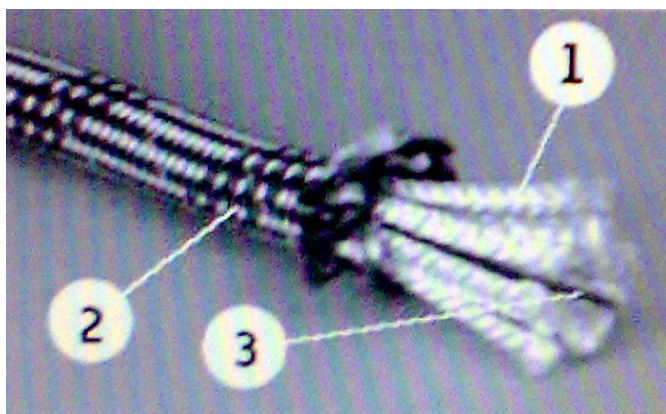
Všechny provaznické výrobky a lana se řadí k technickým textiliím, které lze definovat jako souhrnné označení pro textilní materiály a výrobky, jejichž hlavním účelem je plnit určité technické funkce.

Fyzikální a chemické vlastnosti jsou rozhodující při volbě vhodného materiálu. Vedle skoro všech druhů běžných umělých vláken se často používají vlákna speciálně modifikovaná pro technické účely jako jsou např. aramidová, uhlíková vlákna, mikro- a nanovlákna, keramická a kovová vlákna atd. Z přírodních např. juta, bavlna, konopí a hedvábí. [15]

2.4 Struktura šňůr

Splétané šňůry se skládají z jádra a opletu (viz. obr. 2.1).

Jádro má hlavní nosnou funkci. Je tvořeno několika základními prameny, ze kterých jsou některé stáčeny vlevo a stejný počet vpravo. Tím se zabrání samovolnému kroucení šňůr. Počet těchto pramenů je od 8 do 64, ale vždy dělitelný čtyřmi.



Obr.2.1 Struktura šňůry dle [3]

1 – jádro, 2 – oplet, 3 – identifikační barevná nit

Oplet slouží k ochraně jádra, ale také se podílí na celkové nosnosti šňůry. Bývá často pestrobarevný, což je záležitost především módní, ale hodí se i prakticky a to ke kontrole oděru a poškození. Oplet je nejčastěji splétán ve vazbě plátňové nebo keprové.

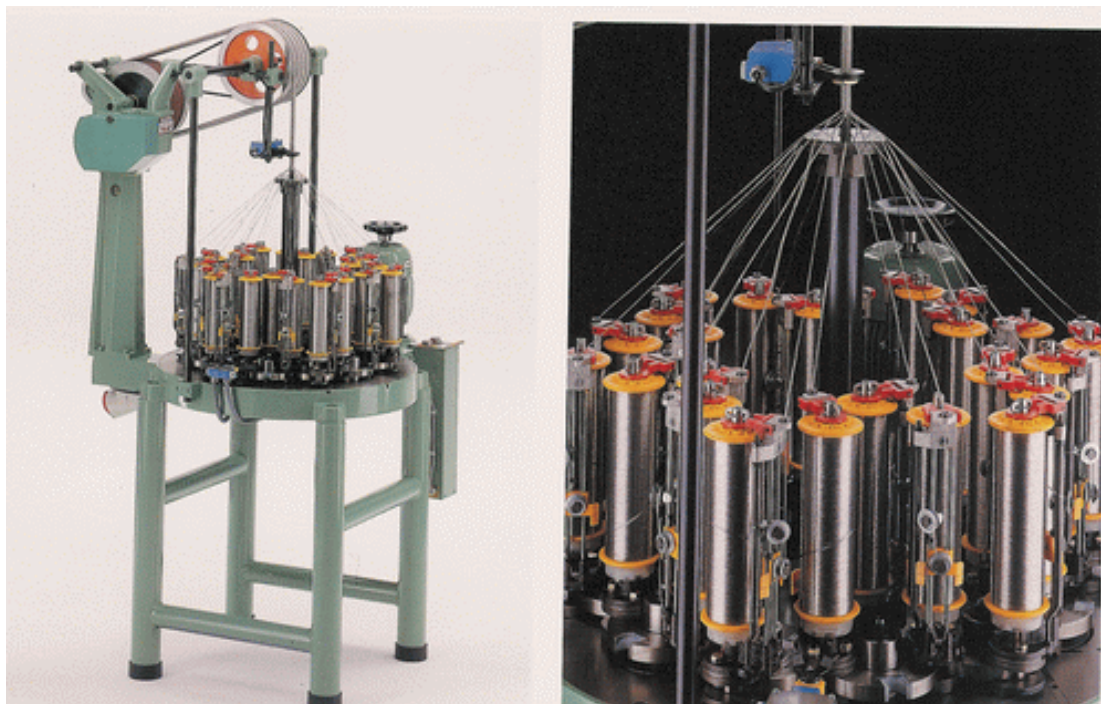
Podílí se na celkové pevnosti i hmotnosti šňůr přibližně 25 – 30 %. Na kvalitě opletu potom závisí nejen estetický vzhled šňůry, ale především její životnost. Těsný oplet způsobuje určitou tuhost šňůry a chrání jádro před pronikáním nečistot a UV záření. Oproti tomu volný oplet zlepšuje ohybnost šňůry, ale je náchylný na shrnování z jádra a tvoření boulí na povrchu šňůr. Někdy nás ztráta sytosti barev upozorňuje na jeho stárnutí nebo poškození povrchu chemikáliemi, ale není to vždy pravidlem. Identifikační barevná nit říká výrobci, kdy bylo lano vyrobeno. [3]

2.5 Technologie splétání podle typu strojního zařízení

- Ploché splétací stroje - prýmký
- Dutinné splétací stroje - šňůry
- Paličkovací stroje – výroba krajek, záclonovin

2.5.1 Výroba šňůr

Šňůry používané v této bakalářské práci jsou zhotoveny na dutinovém splétacím stroji (viz.obr. 2.2).

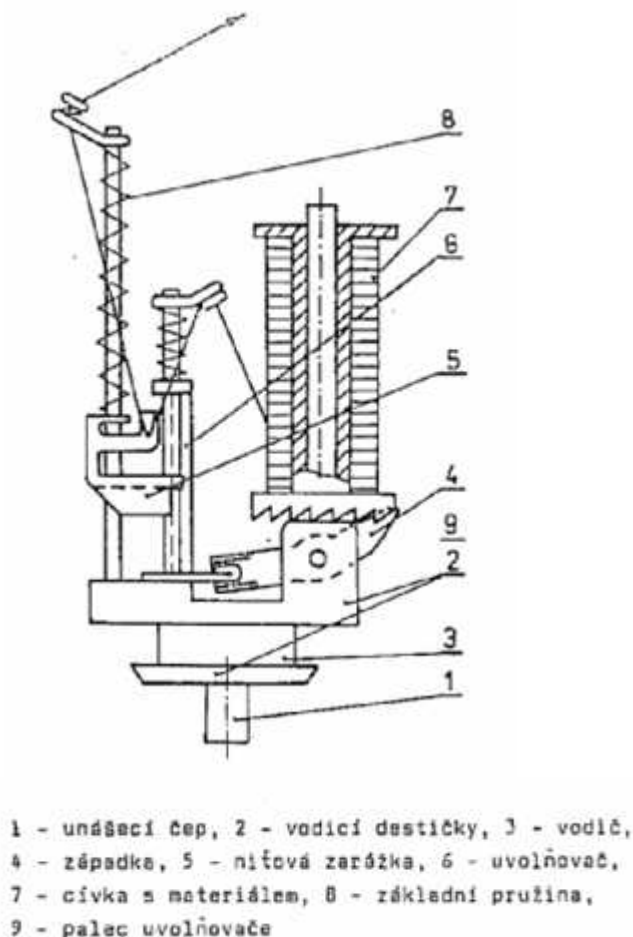


Obr.2.2 Dutinový splétací stroj

Při výrobě je nutné si připravit nejprve materiál na speciální cívky. Používá se i hedvábí (syntetické mat).

Daněk popisuje způsob výroby v literatuře [2] následovně:

Základem splétacího stroje je soustava tzv. křídlových kol, pohánějících běžce v příslušné vodící dráze. Křídlová kola jsou otočně uložena na čepech zasazených svými konci do horní a spodní desky stroje. Samostatné vodící dráze se říká hlava. Na obr. 2.3 je zakreslena a popsána stavba běžce s paličkou a vodícím očkem.



Obr. 2.3 Stavba běžce s paličkou a vodícími očky

Běžec 1 je unášen pomocí unášecího trnu 2, na který působí křídla 4 spodních 5 a horních 6 křídlových kol. Správný pohyb běžce ve vodící dráze je zajištěn pomocí vodiče běžce 2 s oboustranným břitem. Tvar vodící stopky umožňuje běžci procházet správným směrem v dráze horní desky 3. Křídlová kola jsou ve své spodní části opatřena ozubenými koly, která zajišťují přenos otáčivého pohybu z jednoho křídlového kola na druhé.

Běžec unáší cívku s nití, z níž se vzájemným splétáním s nitěmi ostatních běžců vytváří splétaná šňůra. Běžec má dva základní díly – patku a horní část. Patku tvoří unášecí trn se spodní a horní vodící destičkou a vodič běžce ve tvaru „lodičky“, která při

pohybu běžce sleduje vodící dráhu. Horní část běžce je složena z cívkového trnu a napínače nitě.

Během pohybu běžce se mění jeho vzdálenost od místa, kde dochází k odvádění výrobku, což se projevuje kolísáním tahové síly ve splétané niti.

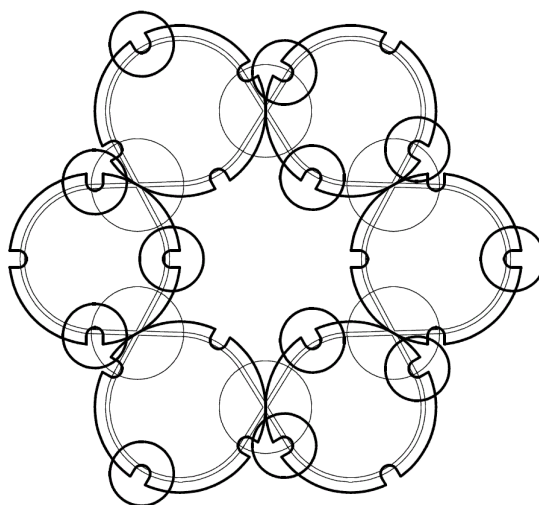
Pro zajištění konstantní tahové síly musí být běžec vybaven zařízením, umožňujícím vytvářet požadovanou tahovou sílu v niti a vyrovnávat její výkyvy. Napínání nití je např. realizováno pružinou nebo u starších strojů závažím.

Během pohybu běžce vyrovnává tahové síly v niti základní pružina 8. Při splétání nitě se nit'ová zarážka 5 zvedá směrem vzhůru, narazí na uvolňovač 6, zvedne jej a ten pomocí palce 9 uvolní západku 4. Cívka se otáčí a dodá další zásobu nitě. V případě přetrhu nebo dojití nitě klesne nit'ová zarážka dolů a stroj vypne.

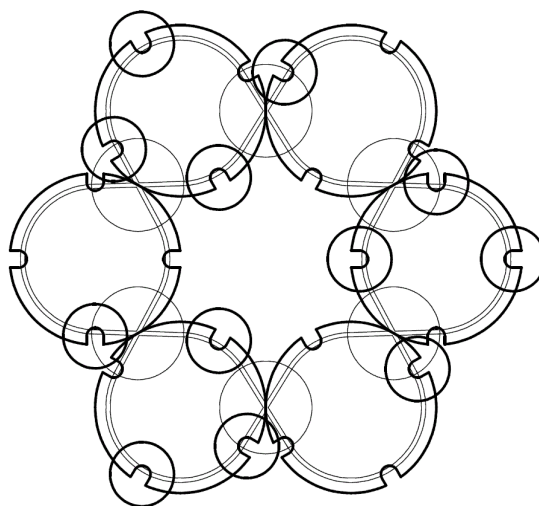
Sběrač nití určuje sběrný bod (místo vlastního splétání nití). U dutinových strojů leží tento bod nad středem kruhové vodící dráhy, sběrače mají uzavřený sběrný otvor. Důležité je výškové postavení sběrače vzhledem k běžcům. U kruhového uspořádání křídlových kol je sběrač nití uprostřed a výškově postaven tak, aby nit vycházející z běžce svírala s vodorovnou rovinou úhel 30° . Snížení sběrače nití znamená zhušťování výrobku a naopak.

Hlavní části stroje

Křídlová kola mají na svém obvodu výřezy, do nichž zapadají unášecí trny běžců. Počet výřezů závisí na typu stroje. Na obr. 2.4 a 2.5 je znázorněno upořádání křídlových kol na stroji a způsob unášení a přecházení běžce ve vodící dráze.



Obr. 2.4 Postavení paliček (unašečů) ve standardní konfiguraci



Obr. 2.5 Postavení paliček (unašečů) v konfiguraci tandem

Unašeče cívek lze na stroji pro 12 paliček rozmístit ve dvou konfiguracích:

Standardní konfigurace (viz. obr. 2.4) – na „křižovatce“ je unašeč pohybující se v jednom směru (dráze) vždy bezprostředně křížen unašečem pohybujícím se v opačném směru (dráze). Jedna palička pak tvoří vždy jeden pramen splétané šňůry. Tedy v jednom směru jdou po sobě plná a prázdná; platí i pro opačný směr pohybu běžců.

Postavení do tandemu (viz. obr. 2.5) – dva unašeče se pohybují v jedné dráze vždy bezprostředně za sebou. Na křižovatce jsou střídány vždy po dvou. Jeden pramen šňůry je v tomto případě tvořen dvěma paličkami. Místo třetí paličky je prázdné, platí pro oba směry. V této konfiguraci má tedy výsledná šňůra poloviční počet pramenů vzhledem ke konfiguraci standardní.

V případě standardní konfigurace stroje je produkována dvanáctipramenná šňůra, která svou strukturou na povrchu připomíná keprovou vazbu se střídou 4x4. Jeden pramen je nejprve nad dvěma prameny na povrchu a poté opět skryto pod dvěma prameny.

V případě konfigurace stroje do tandemu je šňůra šestipramenná a vzhled odpovídá tkanině ve vazbě plátnové. [4]

3 Materiály pro výrobu šňůr

3.1 Základní materiály pro výrobu šňůr

Pro výrobu šňůr se používá celá řada materiálů. Každý typ materiálu je vhodný pro jiné účely použití. V práci se budeme zabývat zejména syntetickými materiály používanými pro výrobu technických šňůr (viz. příloha D). Právě u technických šňůr má smysl sledovat technické parametry, mezi které patří i odolnost v oděru.

3.1.1 Polyamid (PA)

Na výrobu splétaných šňůr se nejvíce ze syntetických materiálů používá PA. Šňůry vyrobené z PA mají dvojnásobnou pevnost v tahu oproti šňůrám z přírodního materiálu – až 0,6 GP. Také mají poloviční hmotnost, minimálně čtyřnásobnou životnost, dobrou odolnost vůči opakovanému namáhání, vysokou elasticitu, vysokou odolnost v oděru, nízkou navlhavost a dobrou cenovou dostupnost. Vlákná z PA se taví při teplotě vyšší jak 150° C. Nevýhodou PA je slabá odolnost proti působení kyselin a ve vlhkém stavu dochází k mírnému poklesu pevnosti. PA přijímá skoro všechny druhy textilních barev, ovšem materiál předčasně stárne, pevnostní charakteristiky klesají působením slunečního a UV záření. Nevýhodou je také lehké nabíjení statickou elektřinou.

Podle uspořádání řetězců se PA dělí na PA 6 (silon) a PA 6,6 (nylon). PA 6 má méně vhodné uspořádání (méně vodíkových vazeb v řetězci), tím se snižuje teplota tavení na 220° C. Vlivem nespárovaného počtu vazeb je vlákno méně pevnější. PA 6,6 je pevnější vlákno a díky vhodnějšímu uspořádání má bod tavení 256° C.

3.1.2 Polyester (PES)

PES má obdobné vlastnosti jako PA. Má dobrou odolnost vůči oděru, vůči opakovanému namáhání a nízkou navlhavost. Šňůry vyrobené z PES vláken lépe odolávají slunečnímu a UV záření, než šňůry z PA vláken. Rychle schnou a taví se při teplotě vyšší jak 200° C. Nevýhodou je vysoká žmolkovitost, vysoká měrná hmotnost a sklon ke vzniku elektrostatického náboje. Na tato vlákna negativně působí alkalické roztoky (pH >7).

3.1.3 Polypropylen (PP)

Polypropylen je velmi pevný a lehký materiál. Šňůry vyrobené z PP mají malou měrnou hmotnost a nízkou navlhavost, proto plavou na vodě. Mají dobrou odolnost vůči oděru, slané vodě a chemikáliím, dobrou trvanlivost, jsou lehce formovatelné a sklon ke vzniku elektrostatického náboje je nízký. PP má nižší odolnost proti teplu, ale jeho degradace vlivem vyšších teplot (sluneční a UV záření) je oproti PA a PES nepoměrně vyšší.

3.2 Speciální vlákna

Aramid je pevný žáruvzdorný syntetický materiál, který v roce 1961 vyvinula Američanka Stephanie Kwolek. Dalším stupněm vývoje jsou para-aramidy (p-aramidy) vyráběné od 70. let minulého století např. pod značkou Kevlar nebo Twaron a jeho ohnivzdorná varianta Nomex, který odolává až 400° C. Tato vlákna dosahují mimořádně vysokou pevnost v tahu při nízké specifické hmotnosti, srovnatelnou jen s uhlíkovými vlákny. Nevýhodou je malá odolnost proti účinkům světla a snadné nabíjení statickou elektřinou.

Použití: Pneumatikové kordy, dopravní pásy, brzdové obložení, ochranné oděvy (proti horku a proti střepinám), jako vrstvené pojivo při stavbě lodí, letadel a raket.

3.2.1 Kevlar

Výrobou paraaramidového vlákna se zabývají pracovníci závodu DuPont v Maydownu v Severním Irsku. Kevlar je aramidové vlákno, které je pětikrát silnější než ocel a pro jeho velkou pevnost je používán v mnoha odvětvích.

Existují tři druhy kevlaru:

- a) **Kevlar** - užívaný jako výstuha v pneumatikách
- b) **Kevlar 29** – brzdová obložení, tělesné obrnění, průmyslové aplikace-kabely, náhrada azbestových vláken
- c) **Kevlar 49** - má největší pevnost v tahu, je používán v plastových výztuhách pro lodní trupy, letadla, a kol

Nevýhody:

Kevlar degraduje prostřednictvím UV záření, takže bez ochrany proti slunečnímu záření je užíván velmi zřídka. Při vyšších teplotách se pevnost v tahu ihned

sníží o 10-20 %, např. po 500 hodinách při 160 ° C nastane 10 % snížení pevnosti v tahu, po 70 hodinách při 260° C nastane 50 % snížení. Při 450° C se přepálí.

Další užití kevlaru:

Ochranné kevlarové vesty jsou určeny proti projektilům, ale též proti bodnutí sečnou zbraní. Kevlar poskytuje zvýšenou ochranu i proti poranění rukou, což z něj činí ideální materiál pro výrobu ochranných rukavic, rukávů, zástěr a dalších ochranných pomůcek. Osvědčil se proti prořezání čepelemi, břitvami, žiletkami a střepy skla. Rukavice z kevlaru slouží také jako ochrana ruky při rychlém slaňování či jako doplňková ochrana při zadržování pachatelů ozbrojených chladnými zbraněmi. Používá se i při výrobě lan. [12]

3.2.2 Nomex

Velká část práce na vývoji těchto vláken probíhá ve španělském výrobním závodu v Asturias. Testování účinnosti ochranných oděvů pak provádí firma DuPont ve svém Evropském výzkumném a vývojovém středisku v Ženevě. Vytvořili zde oděvy a vybavení, které je možné vystavit působení velkého tepla (ohni), především pro automobilové závodníky (od kukel až po boty), letecké obleky pro posádku letadla (92 % nomex , 8 % je typický kevlar), skafandry, obleky pro vojenské jednotky. Vrstvené desky z nomexu jsou užívány při stavbě letadel.

Ochranné obleky jsou zpravidla zhotoveny z ohnivzdorných metaaramidových vláken Nomex, která dnes používají hasiči na celém světě. Látka z Nomexu, která je směsí dutých skleněných a plných kevlarových vláken nehoří, nesaje vodu a je odolná proti rozřezání nebo protrhnutí. Ochranný oděv chrání proti sálavému teplu. Musí však mít i četné další vlastnosti, jakými jsou pohodlí při nošení, permanentní antistatické vlastnosti, odolnost vůči agresivním chemikáliím, trvanlivost a stále dobrý vzhled. Vlákna se nesmí změnit ani opakovaným praním.

K testům se mimo jiné používá figurína Thermo-Man, vyvinutá ve spolupráci s americkým vojenským letectvem. Na jejím povrchu je rozmístěno 122 teplotních čidel. Je propojena s počítačem, který ihned vyhodnocuje data a umožňuje předvídat místo a rozsah popálenin 2. a 3. stupně za podmínek blízkých reálným. Testy na této figuríně se staly neoficiálním, ale celosvětově uznávaným standardem. [14]

3.2.3 Dyneema

DSM Dyneema je vynálezcem a výrobcem světově nejsilnějšího vlákna. Dyneema je super silné vlákno z polyetylénu, které nabízí maximální sílu v kombinaci s minimální váhou. Snese až 15x větší zatížení než kvalitní ocel a až o 40% větší zatížení než aramidové vlákno. Vláknem Dyneema plave na vodě a je extrémně trvanlivé a odolné proti vlhkosti, UV záření a chemikáliím. Aplikace jsou více či méně neomezené.

Dyneema je důležitým komponentem u lan, kabelů a rybářských sítí, v přepravních a pobřežních průmyslových odvětvích. Také se používá v bezpečnostních rukavicích pro kovodělný průmysl, pro aplikace ve sportovních potřebách a lékařském sektoru a šatstvu pro policii a vojenský personál. [8]

3.2.4 Uhlíková vlákna

Polyakrylnitril je nejvhodnější surovina na výrobu uhlíkového vlákna pyrolýzou. První uhlíkové vlákno (z bambusu) vyrobil Edison v roce 1890. V roce 1955 se podařila orientace krystalů uhlíku, což pak umožnilo výrobu těchto vláken v širokém měřítku.

Uhlíkové vlákno je název pro vlákno obsahující uhlík v různých modifikacích. Jedná se o dlouhý, tenký pramen materiálu o průměru 5 - 8 μm složený převážně z atomů uhlíku. Vláknem je na svou tloušťku velmi pevné. Několik tisíc uhlíkových vláken, která jsou smotána, tvoří společně přízi, která může být použita samotná nebo vetkána do tkaniny.

Uhlíková vlákna se též používají při výrobě kompozitních materiálů, které vynikají vysokou pevností a nízkou hmotností. Polyakryl má vynikající odolnost proti vlivům světla, povětrnosti a mikroorganismům. Pevnost je nižší než u jiných syntetických vláken, a tím ale i nižší sklon ke žmolkování. PAN vlákno je pružné a měkké, velmi vhodné k mísení s vlnou a jako alternativa k vlněným výrobkům.

Vzhledem ke svým vlastnostem (pevnost, malá hmotnost, nehořlavost, dobrá elektrická vodivost, nízká tepelná vodivost) se tato vlákna uplatňují ve strojírenství, leteckém průmyslu, v kosmonautice a v řadě dalších oborů.

Uhlíkové vlákno se nejvíce používá k vyztužování kompozitních materiálů, nejznámější je uhlíkový laminát. Tento druh materiálu se používá při výrobě částí letadel, závodních vozidel (Formule 1), sportovního vybavení jako jsou závodní kola, listů větrných generátorů a dalších součástí, které jsou hodně mechanicky namáhány.

Další z kompozitu uhlík-uhlíkový laminát se používá jako ochrana nosové části a náběžných hran křídel amerických raketoplánů. Uhlíková vlákna nacházejí též uplatnění u ozbrojených složek (výroba neprůstřelných vest), při výrobě hudebních nástrojů, membrán reproduktorů. Uhlíkové vlákno se také používá k výrobě tkaniny, pleteniny a pásů vazbou podobných tkaninám. [13]

Jako splétaný výrobek tvoří jádro kompozitu pro výrobu stožárů pro windsurfing. K výrobě kompozitu se používá ve firmě dotex např. oplétací stroj OS 64/1 (viz obr. 3.1). Stroj je jednohlavý se 64 běžci a rozteč čepů je 80 mm. Otáčky stoje a posuvu odtahových vozíků lze plynule měnit elektronicky frekvenčními měniči. Stroj je určen k výrobě oplétání výplní a dutinových úpletů (pomocí přídavného odtahu) klasickým materiálem ale i skelným a uhlíkovým vláknem pro kompozit. [7]



Obr. 3.1 Oplétací stroj OS 64/1 dle [7]

3.2.5 Skleněná vlákna

Sklo je amorfní, pevná anorganická látka, která vzniká ztuhnutím taveniny bez krystalizace. Průměrná tloušťka vláken má vliv téměř na všechny fyzikální vlastnosti. Běžně se vyrábějí o tloušťce 5 – 15 μm , ale vyrábějí se vlákna jemnější i hrubší. Čím je

vlákno tlustší, tím je křehčí a hůře zpracovatelné. Struktura vlákna na průřezu není jednotná, bylo dokázáno, že se povrchová struktura liší od struktury vnitřní. Stav a vlastnosti povrchových vrstev a vnitřních částí se liší a výsledné vlastnosti skleněných vláken jsou závislé na poměru objemů povrchových a vnitřních částí.

Skleněná vlákna patří mezi nehořlavé materiály. V porovnání s organickými a azbestovými vlákny vykazuje mnohem vyšší pevnost za nízkých i vysokých teplot.

Odolnost skleněných vláken v oděru je podmíněna zejména vlastnostmi jako je nízký modul pružnosti, vysoká hodnota pružné deformace, vysoký průměr elastické deformace k deformaci plastické. Skleněná vlákna tyto vlastnosti postrádají, vyznačují se proto, v porovnání s jinými vlákny, malou odolností v oděru. Oděr skleněných vláken ovlivňuje i vlhkost. Proto je výhodné upravovat povrch skleněných vláken hydrofobními chemickými prostředky, aby se snížilo částečně působení vlhka a zároveň mechanického působení třecího materiálu. Sklovitý povrch tvoří souvislou vrstvu, která zabraňuje vnikání vlhkosti do hmoty vlákna. Jejich navlhavost je tedy pouze povrchová a činí maximálně 2 hmot.%. Některé lubrikace vláken zvyšují jejich navlhavost.

Skleněná vlákna mají hladký, kluzký povrch a velkou měrnou hmotnost, z toho vyplývá, že jejich součinitel tření je velmi malý. Třecí vlastnosti při jeho zpracovávání vykazují viditelné poškození povrchu vláken už při průchodu vodiči na textilních strojích při jeho výrobě. Při dalším zpracovávání skleněných vláken dochází k odlamování vláken a vzniku prашného prostředí, proto je dobré vlákna povrchově upravovat lubrikanty. [1]

Šňůry izolační a těsnící jsou skleněné provazce kruhového nebo čtvercového průřezu (obr.3.2), zhotovené buď volným stáčením, otáčením šňůry kolem jádra nebo obtáčením přízí kolem jádra. Izolační a těsnící šňůry slouží jako izolace potrubí, zařízení kotlů, ventilů.



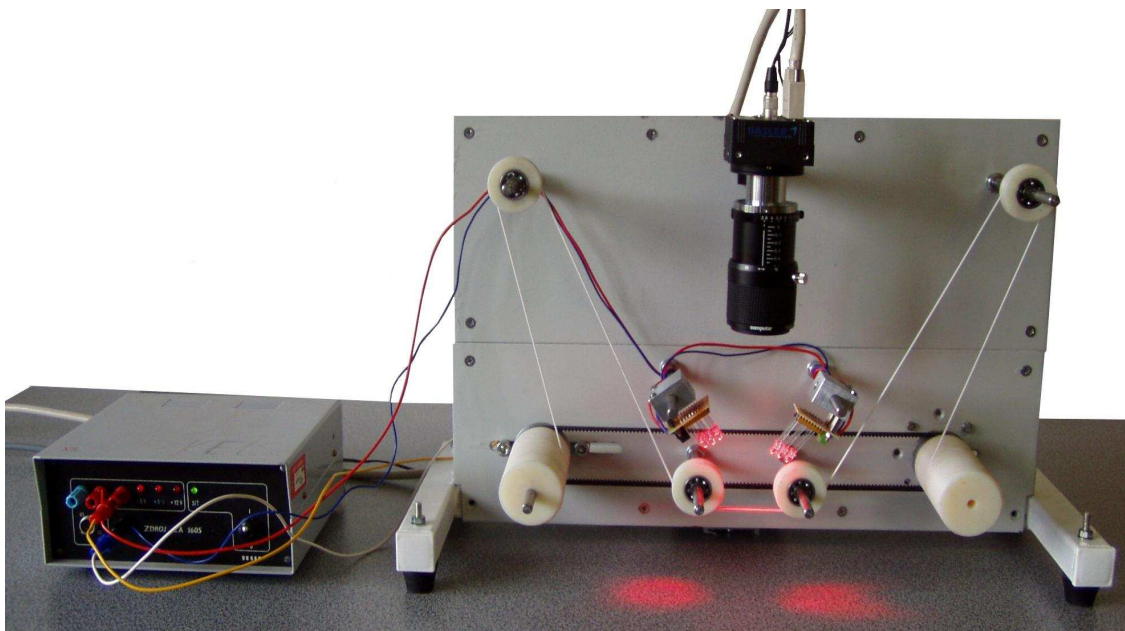
Obr.3.2 Kruhová pletená skleněná šňůra

III. Měřicí aparát

4 Aparát

V úvodu experimentální části je uveden popis zařízení, které původně sloužilo pro kontrolu vad textilií. Zařízení (viz. obr. 4.1) je vybaveno řádkovou kamerou a osvětlovači. Pro účely experimentu byla demontována kamera i osvětlovač a posunuty vodící kladky. Na místo osvětlovačů bylo přidáno navržené třecí ústrojí (viz. obr. 4.10).

4.1 Popis stávajícího aparátu



Obr.4.1 Stávající aparát

- Kostra přípravku (modelu)
- Montážní plechy (dolní a horní)
- Krokový motor SX23-1412 včetně řídicí jednotky CD 30X, který zajišťuje pohyb (viz. obr. 4.2 a obr. 4.3)
- Pohyblivá vypínací kladka, která je schopná vypnout ozubený polyuretanový řemen
- Na hřídeli krokového motoru i vypínací kladky jsou připevněny ozubené řemeničky, které spolu s ozubeným řemenem zajišťují synchronní počet otáček.

- Na obou hřídelích je upevněn válec z plastu s vyřezaným závitem), který zajišťuje převíjení šňůry.
- Čtyři vodící kladky

Výkresy stávajícího aparátu jsou k dispozici v příloze E.

Těžištěm práce byl návrh přídavného třecího ústrojí (viz. příloha F).

4.1.1 Ovládání krokového motoru

Připojení řídicí jednotky krokového motoru na stroji a počítače je realizováno s využitím linky RS – 232 (standardní sériové rozhraní počítačů). Pro uvedení stroje do pohybu se musí vytvořit jednoduchý program skládající se z následujících povelů, které umožňují nastavit počet cyklů, rychlost převíjení apod.

Základní povel:

[„disable“ odklad provedení následujících povelů
C	„Clear“
S	„Start/stop“ rychlost start/stop; rozsah = 16 až 1 950 kroků/s ²
V	„Velocity“ zadání maximální rychlosti
A	„Acceleration“ zrychlení, rozsah = 1 až 65 000 kroků/s ²
F	„Forward“ vykoná pohyb dopředu, zadání dráhy v pozitivním směru
L	„Loop“ smyčka, opakuj provedení následujících instrukcí
R	„run“ vykonej pohyb s aktuálními hodnotami parametrů
E	„End of loop“ konec smyčky
D	„Direction“ směr, změna směru příštího pohybu
T	„Turn on“ nastavení zadaného výstupu do hodnoty logická
]	„Enable“ provedení předchozích povelů
\	„reset“ uvedení kontroleru do výchozího stavu

4.1.2 Programovatelná jednotka typu CD 30X pro řízení krokových motorů

Programovatelné jednotky typu CD (viz. obr. 4.2) obsahují řídicí část realizovanou kontrolerem M1486 i výkonovou část pro bipolární napájení krokového motoru s pulsní regulací proudu. V našem případě je napájení 230 V.

Řídicí část jednotek je realizována kontrolerem M1486, který obsahuje:

- programovatelné řízení krokového motoru (délka dráhy, rychlost, zrychlení, mikrokrokování),
- malý programovatelný automat (vstupy/výstupy, smyčky, podmíněné skoky, čekací doby).

Hlavní jsou jednotky osazeny kontrolerem M1486E1 s vnitřní pamětí pro povely EEPROM 2 000 bitů. Povely jsou uchovány v paměti i po vypnutí napájení, bez potřeby zálohování. Z nadřazeného systému po sériové lince bez potřeby zálohování je možné použít jednotky osazené kontrolerem M1486B s pamětí RAM. [9]

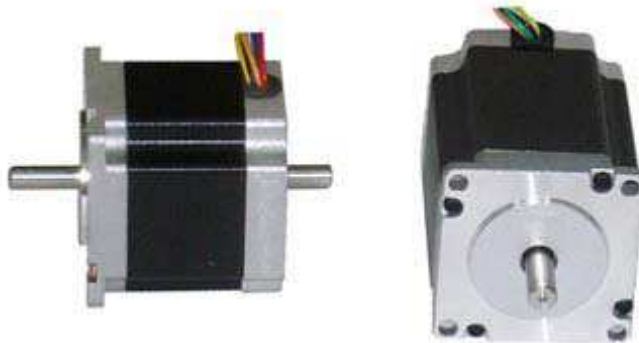


Obr. 4.2 Programovatelná jednotka typu CD 30X pro řízení krokových motorů dle [9]

4.1.3 Hybridní dvoufázové krokové motory SX23

Krokové motory řady SX (viz. obr 4.3) existují v provedeních s přírubami NEMA17, NEMA23, NEMA34 a NEMA42. Při našem měření je použitý motor SX23-1412 s přírubou NEMA 23. Krokové motory těchto řad se vyznačují vysokými momenty při zachování malých rozměrů. Standardní délka kroku je $1,8^\circ$ s možností dalšího elektronického zmenšení.

Největší dostupný statický moment u motorů v přírubě NEMA23 je 3 Nm. [9]



Obr. 4.3 Hybridní dvoufázové krokové motory SX23 dle [9]

4.2 Výpočty potřebné pro určení převíjecí rychlosti

Výpočty jsou potřebné k určení převíjecích rychlostí stroje a k zadávání parametrů jednotlivých příkazů uvedených v odstavci 4.1.1. Vycházíme z následujících předpokladů: Závitový válec má průměr $d = 4,67 \text{ cm}$. Obvod válce je podle vztahu (1): $o = 14,6 \text{ cm}$.

$$o = 2\pi \cdot r = 2\pi \frac{d}{2} = 14,6 \text{ cm} \quad (1)$$

Jedna otáčka hřídele krokového motoru se skládá z 200 kroků, čemuž odpovídá úhel kroku $1,8^\circ$

Jednotlivé kroky jsou dále kontrolerem děleny automaticky na 1-256 mikrokroků z důvodu potlačení vibrací krokového motoru.

Při daném nastavení kontroleru bylo pro jednu otáčku krokového motoru nutné nastavit 51200 mikrokroků. Z toho vyplývá, že jeden krok je rozdělen na 256 mikrokroků dle vztahu (2):

$$\frac{51.200}{200} = 256 \mu\text{kroků} \quad (2)$$

Deseti otáčkám tedy odpovídá dráha 512000 mikrokroků.

Měření reálné rychlosti:

Ověření obvodové rychlosti bylo realizováno následujícím dílčím experimentem: do kontroléru byl poslán program, který provedl v 10 cyklech při rychlosti 1000 kroků za sekundu (V1000) vždy 10 otáček v jednom cyklu. Povelový soubor je následující:

[
 c7
 s1000
 v1000
 f512000
 L10
 r
 e
 t7
]

Vzhledem k tomu, že obvod válce je 14,6 cm, při jedné otáčce motoru se odvine 146 cm šňůry za dobu 8,1 s. Za jednu minutu se odvine 10,8 m z délky šňůry.

146 8,1 s

X 1 s

$$X = 18,02 \text{ cm/s} \times 60 = 10,8 \text{ m/min}$$

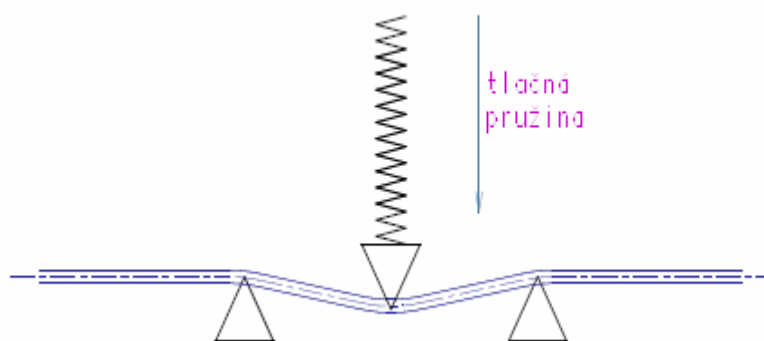
Shrnutí:

Při zadané rychlosti V1000 (1000 kroků/s) vyvine aparát obvodovou rychlost (a tím současně i rychlost převíjení) 10,8 m/min. Krokový motor však vyvine při experimentu rychlost 3000 kroků/s (viz. výpis programu v příloze B), čemuž odpovídá rychlost převíjení šňůr 32,4 m/min.

4.3 Úpravy stávajícího aparátu

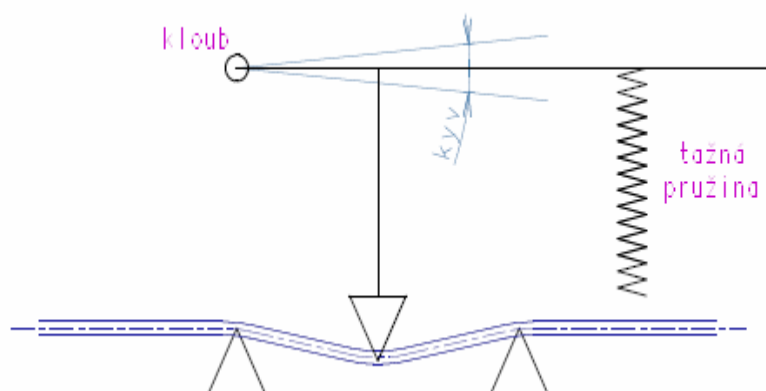
4.3.1 Návrhy přidavného třecího ústrojí

První představa o uspořádání třecího ústrojí je znázorněna na obr. č. 4.4. Konstrukčně by toto uspořádání znamenalo vyrobít vodič pružiny, případně celého přitlačného klínu, aby při posuvu textilie vpravo a vlevo nedocházelo k vyvracení klínu. Další dva klíny by byly připevněny na spodní desce šrouby.



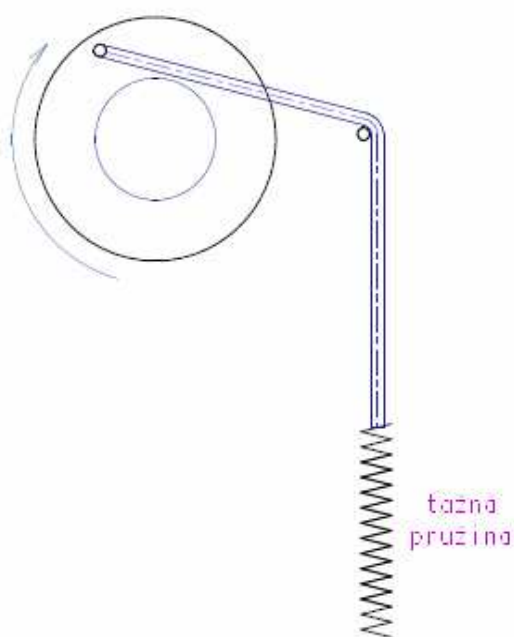
Obr. 4.4 První návrh, klín na tlačné pružině

Další úpravou prvního návrhu, se došlo k možnosti uložení klínu na rameno s kloubem (viz. obr 4.5), přičemž by tažná pružina regulovala přítlak. Samotný klín je pak připevněn k ramenu pomocí závitové tyče, díky níž lze jemně ladit vzdálenost klínu od ramene.



Obr. 4.5 Druhý návrh, uložení klínu na kloub

Třetí návrh (viz. obr. 4.6) představuje odlišné řešení principu třecího zařízení. Šňůra by zde mohla být upevněna k obvodu rotačního válce a docházelo by zde pouze k oděru šňůry v délce průměru válce. Na volný konec by bylo upevněno závaží nebo tažná pružina. Od tohoto návrhu se však upustilo vzhledem k tomu, že by realizace tohoto návrhu znamenala výrobu úplně nového aparátu. Z hlediska doby realizace zařízení bylo výhodnější vydat se cestou úpravy stávajícího zařízení.

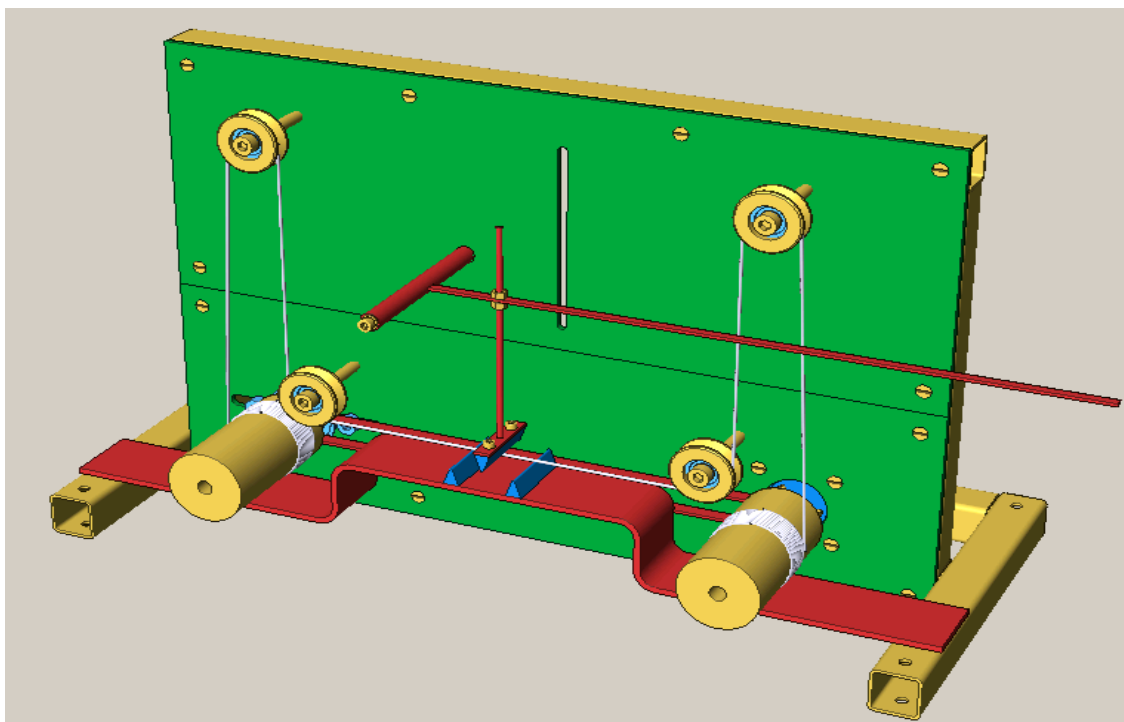


Obr. 4.6 Třetí návrh, jiný princip zařízení pro měření oděru

4.3.2 Upravený aparát

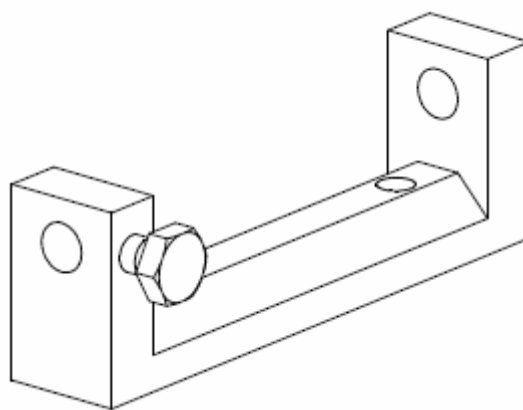
Původní představa o úpravě aparátu se opírá o schéma, které je na obrázku 4.5. Jako třecí plochy zde měly sloužit klíny jejichž návrh je v příloze F. (Klíny měly být vyrobeny ve třech variantách s různými poloměry zaoblení ve svém vrcholu). Z důvodu omezeného vybavení obráběcího pracoviště bylo nutné tuto představu opustit. Na místo toho byla navržena malá univerzální nosná konstrukce (viz. obr. 4.8). To ale nemá významný vliv na úpravu aparátu, jejíž původní návrh je na obrázku 4.7.

Později se ukázalo, že klíny v takové podobě v jaké byly navrženy, by nepředstavovaly vhodnou odírací plochu. V průběhu experimentu se ukázalo, že odírací plocha musí vykazovat určitou drsnost povrchu.



Obr. 4.7 Průtahové třecí ústrojí s klíny

Jeden z otvorů nosné konstrukce je opatřen závitem pro pojistný šroub. Byly navrženy a zrealizovány tři řešení, jak způsobit oděr splétaných šňůr různých materiálů. Všechny tři níže zmíněné řešení jsou uloženy v otvorech nosné konstrukce a upevněny pojistným šroubem o průměru 3 mm (viz. obr. 4.9).



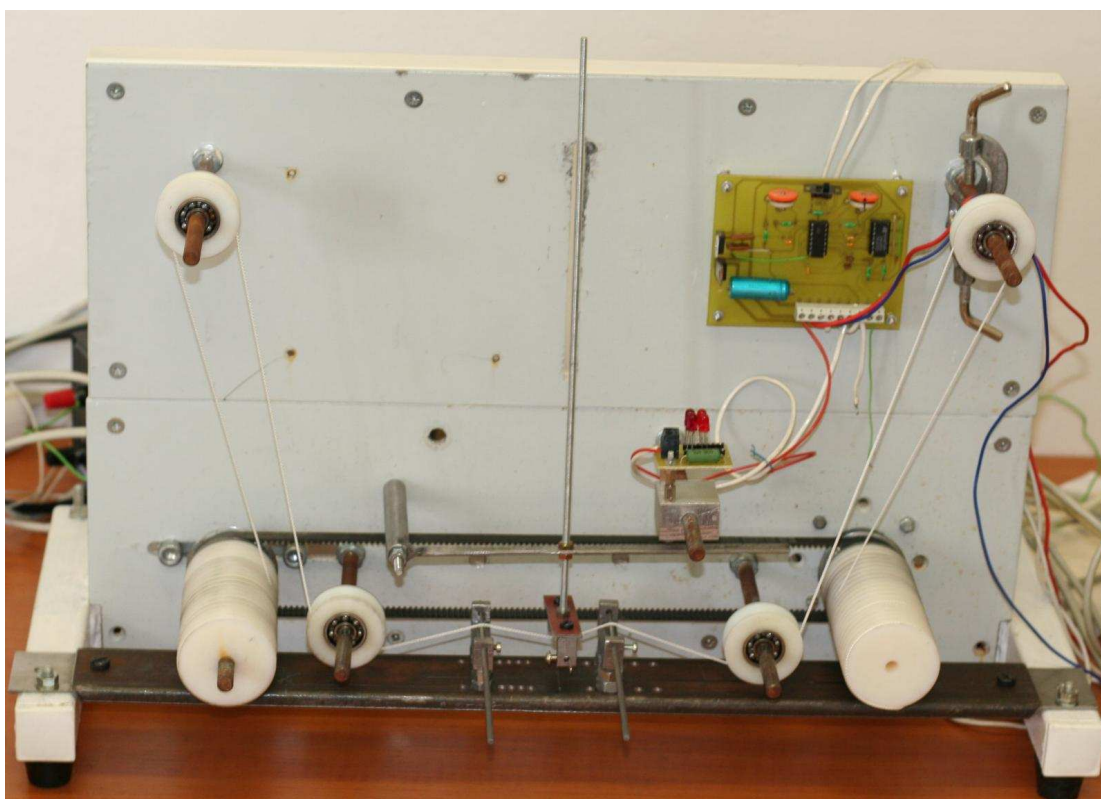
Obr. 4.8 Nosná konstrukce

- a) Nerezová kulatina o průměru 3mm
- b) Pletací jehla s poloměrem ohybu 0,5 mm
- c) Jehlový modelářský pilník kruhového průřezu hrubosti 3 (nejjemnější hrubost)



Obr. 4.9 Zleva, modelářský pilník, nerezová kulatina, pletací jehla

Tažná pružina z druhého návrhu (viz. obr. 4.5) nebyla použita, neboť při nízké rychlosti převíjení je dostatečné nechat působit vlastní hmotnost ramene. Kompenzační rameno slouží jen k přitlaku, proto není potřeba upínat do nosné konstrukce uchycené na závitové tyči kompenzačního ramene pilník. K tomuto účelu je použita pletací jehla.



Obr. 4.10 Navržený aparát

IV. Experimentální část

5 Experiment

5.1 Použité šňůry

K měření oděru v této bakalářské práci byly použity splétané šňůry firmy Vemat. Všechny použité materiály jsou vyrobeny na dutinovém splétacím stroji. Šňůry, které jsou znázorněny v tabulce slouží jako žaluziové šňůry, šňůry pro stínící techniku, ale i jiné technické účely.

Tab.č.1 Použité šňůry

Vzorek	Počet pramenů	Materiál(*)	Dostava [počet vazných bodů/1cm]	Průměr [mm]
1	12	PA 940 dtex	10,0	1,4
2	16	PP 1000 dtex	5,9	2,2
3	8	PP 2x1000 dtex	4,0	2,2
4	8	PES 2x1100 dtex	5,8	1,9
5	12	PES 3x167 dtex	10,1	1,4
6	6	PP 890 dtex	6,1	1,0
7	16	PES 1100 dtex	10,2	1,9
8	12	PES 1100 dtex	9,9	1,5
9	16	PA 830 dtex	11,1	1,4

(*)Jemnost jednoho pramene

5.1.1 Výběr měřených parametrů

Při posuzování oděruvzdornosti by bylo možné měřit hned několik parametrů: počet cyklů do přetrhu, a po stanoveném počtu cyklů pevnost, úbytek hmotnosti nebo chlupatost (obrazovou analýzou).

Tato práce se však vzhledem ke svému rozsahu zaměřuje jen na počet cyklů do přetrhu.

5.2 Popis měřící metody

5.2.1 Upínací délka šňůry

Upínací délka šňůry je vzhledem ke konstrukci zařízení poměrně dlouhá a je přibližně 400 cm. Úsek, který se periodicky odírá o hranu je 94 cm.

Při upínání je za potřeby dbát na to, aby šňůra byla upnutá skutečně pevně a aby ani po několika tisících cyklech nedošlo k jejímu uvolnění.

5.2.2 Rychlost převíjení

Veškeré experimenty dále popsané byly realizovány při rychlosti převíjení 10,8 m/min, jejíž odvození je podrobně rozepsáno v odstavci 4.2.

Nabízí se úvaha, že rychlost převíjení ovlivňuje počet cyklů stanovených do přetrhu. Výše uvedená rychlost 10,8 m/min je odvozena od nastavení rychlosti krokového motoru viz. odstavec 4.2. Při pokusu o nastavení vyšších rychlostí docházelo u krokového motoru vlivem vibrací k tzv. ztrátám kroků a někdy i k zablokování motoru. Rychlost 10,8 m/min je tedy maximální rychlost, jakou lze s využitím daného aparátu vyvinout.

Dále se také experimentovalo s nižší rychlostí (poloviční) a to pouze u vzorku č. 6. Při této poloviční rychlosti však byl dosažen počet cyklů do přetrhu srovnatelný jako u původní rychlosti. Dospěla jsem k závěru, že s využitím poloviční rychlosti dojdeme ke stejnému výsledku.

Další snižování rychlosti (např. 1/3 původní rychlosti) již znamená neúměrné prodlužování experimentů. I z hlediska praktického využití v budoucnu je lepší volit vyšší rychlosti.

5.2.3 Tvar odírací hrany

Použili se tři řešení pro zjištění oděruvzdornosti polyamidových, polyesterových a polypropylenových splétaných šňůr. Na devíti vzorcích různých průměrů, materiálů, dostav a konstrukce. Ovšem jak lze vyčíst v níže uvedeném textu až třetí řešení bylo úspěšné.

Při realizaci prvních dvou řešení (měření oděru prostřednictvím kulatiny a jehly), byla nejprve naprogramována řídicí jednotka krokového motoru na počet 13.000 cyklů. Tomuto počtu cyklů odpovídá délka experimentu 14 hodin.

Po uplynutí tohoto počtu cyklů nebyla šňůra přetržená ani viditelně poškozená, následovalo další měření, které mělo o 4.000 cyklů víc, tentokrát byly nerezové kulatiny nahrazeny pletacími jehlami. Jelikož po 30.000 cyklech nebyla viditelná chlupatost ani jiné poškození povrchu šňůry, shledala se kulatina i pletací jehla jako ne zrovna vhodnými k měření oděru.

Měření oděru s využitím modelářského pilníku probíhalo při rychlosti převíjení 3000 kroků/s, je naprogramováno 12.000 cyklů. Z odstavce 5.3.1 vyplývá, že u šňůr dochází k 7 % protažení šňůry na odírané délce, což je délka větší než je schopno absorbovat rameno třecího ústrojí. Z toho důvodu je nutné vždy po určitém počtu cyklů (většinou 1500) šňůru znovu upnout do přípravku.

Přetrh šňůry je neustále sledován. Digitální kamera, která je napojená k počítači pořizuje snímek šňůry v odíracím ústrojí vždy po 50 cyklech (může být nastavený i jiný interval). V případě nepřítomnosti obsluhy měřícího aparátu je okamžik přetrhu zaznamenán s odchylkou ± 50 cyklů. Program současně zaznamenává i počet uběhnutých cyklů a tento počet ukládá na disk, takže i při neočekávaném výpadku proudu lze navázat na předčasně ukončené měření.

Každý vzorek šňůry se testuje třikrát do jejího přetrhu a je zaznamenán v počtech cyklů. Z těchto tří čísel se vypočítá průměrná hodnota přetrhu, kterou najdeme v tabulce č.3.

Oděr prostřednictvím kulatiny a jehly

Nerezová kulatina o průměru 3 mm ani jehla s poloměrem ohybu 0.5 mm nezpůsobila při více než 15.000 cyklech vůbec žádné znatelné poškození v oděru viz. tab.č 2.

Tab.č.2 Oděr prostřednictvím kulatiny a jehly

	Vzorek	Průměr šňůry [mm]	Rychlost převíjení [kroků/s]	Počet cyklů
Kulatina	1	1,4	3000	13 000
Jehla	1	1,4	3000	17 000

Při prvním měření, kdy se polyamidová šňůra převíjela na nerezové kulatině o průměru 3 mm, při 13.000 cyklech nedošlo k žádné viditelné změně na povrchu šňůry. Při 17.000 cyklech, kdy se polyamidová šňůra převíjela přes jehlu s poloměrem 0,5 mm opět nedošlo k žádnému viditelnému porušení šňůry. Na oba pokusy se použila stejná šňůra, takže dohromady polyamidová šňůra podstoupila 30.000 cyklů bez jejího poškození. Na základě těchto výsledků, bylo navrženo a zrealizováno třetí řešení.

Oděr prostřednictvím modelářského pilníku

Na šňůry používané ke zdvihání žaluzií se ukládá prach, omítka a různé nečistoty z venkovního prostředí, takže se nepohybují pouze po hladkém povrchu, ale i po jmenovaných nečistotách a to vede k rychlejšímu oděru šňůry. Z tohoto důvodu byl použit modelářský pilník.

Již po několika cyklech byla šňůra chlupatější, než tomu bylo po 18.000 cyklech předchozí konfigurace.

Veškeré uvedené hodnoty tab.č.3 byly získány vždy ze tří nezávislých měření a to jako jejich průměr uvedený na tři platné číslice. Vždy se se všemi naměřenými hodnotami podařilo vejít do intervalu $\pm 18 \%$. Tato skutečnost byla konkrétně u vzorku č. 5 ověřena na celkem třech dalších experimentech.

Tab.č.3 Oděr prostřednictvím modelářského pilníku

Vzorek	Rychlost převíjení [kroků/s]	Počet pramenů	Materiál(*)	Počet cyklů
1	3000	12	PA 940 dtex	4960
2	3000	16	PP 1000 dtex	4950
3	3000	8	PP 2x1000 dtex	3050
4	3000	8	PES 2x1100 dtex	15 700
5	3000	12	PES 3x167 dtex	3300
6	3000	6	PP 890 dtex	3600
7	3000	16	PES 1100 dtex	14 150
8	3000	12	PES 1100 dtex	820
9	3000	16	PA 830 dtex	1810

(*)Jemnost jednoho pramene

Teoreticky by se dalo říci, že žaluzie vysouváme každé ráno nahoru a večer dolů, dochází ke každodennímu oděru šňůry. Když bychom měli tento počet převést do cyklů, mohlo by se uvažovat o tom, že za každé dva dny se provede 1 cyklus, takže za rok by to bylo 182,5 cyklů, za dva roky 365 cyklů až bychom se dostali na počet 4950 cyklů, kdy by se nám polyamidová šňůra přetrhla. Když se tohle číslo přepočítá na roky, vyjde nám, že šňůra se přetrhne za 27 roků. Nesmíme opomenout, že před přetrhem je šňůra silně chlupatá, takže v takové podobě už může být nepoužitelná nebo alespoň neestetická.

5.3 Poznatky získané při experimentální činnosti

Při experimentální činnosti se objevily některé aspekty, které považuji za důležité zmínit.

5.3.1 Protahování odírané šňůry

I přes to, že šňůra byla vždy na obou koncích upnuta důkladně, docházelo ke zvětšování průřezu v třecím ústrojí, které bylo způsobené protažením šňůry. Takové protažení si vysvětlují tím, že v průběhu odírání dochází k odpadání jednotlivých vláken pramenů a tím i ke zmenšování průměru šňůr. Toto zmenšování má za následek i zmenšování průměru válce po kterém se ovijí pomyslné spirály kopírující prameny.

Tento jev byl dobře patrný zejména u šňůr, jejichž jeden pramen měl odlišnou barvu od ostatních pramenů (vzorek č.4 a č.7).

Pro ilustraci došlo u vzorku č. 4 k následujícímu protažení:

- nový výrobek, který dosud nebyl podroben zkoušce oděrem měl na délce 31 cm celkem 184 vazných bodů,
- výrobek podrobený 12.000 cyklům odírání měl na délce 31 cm celkem 172 vazných bodů.

184 vazných bodů 100 %

172 vazných bodů x %

$$x = 107 \%$$

Vyplývá tedy, že došlo k protažení o 7 %. Na druhou stranu došlo k tomuto protažení pouze na odírané délce (tedy na 94 cm). Přes to dojde k protažení o více než 6 cm, což je délka větší než je schopno absorbovat rameno třecího ústrojí. Z toho důvodu bylo nutné vždy po určitém množství cyklů (většinou 1500) šňůru znovu upnout do přípravku.

Na základě těchto poznatků navrhuji, aby bylo zařízení doplněno ještě o tzv. kompenzační kladku, jejímž úkolem bude právě kompenzace prodloužení.

5.3.2 Rozdíl při oděru šňůr s jádrem a bez jádra

Těžištěm práce bylo porovnávat splétané šňůry bez jádra, kterých bylo testováno celkem sedm. Firma Vemat dodala pro zajímavost také dva druhy šňůr s jádrem, které byly rovněž upnuty a testovány na odíracím aparátu. Došlo k zajímavému zjištění, že u šňůr s jádrem došlo k výrazně rychlejšímu prodření opletu. Tuto skutečnost si vysvětlují tím, že jádro nebylo pevně obepnuto opletem a docházelo k relativnímu pohybu mezi opletem a jádrem. Tento relativní pohyb pak přispíval k rychlejšímu odírání opletu.

Vzhledem k tomu, že jsem měla možnost tento jev sledovat pouze na dvou typech šňůr, nelze zodpovědně vyvodit obecný závěr, který by potvrzoval moji domněnku.

5.3.3 Opotřebování odírací hrany

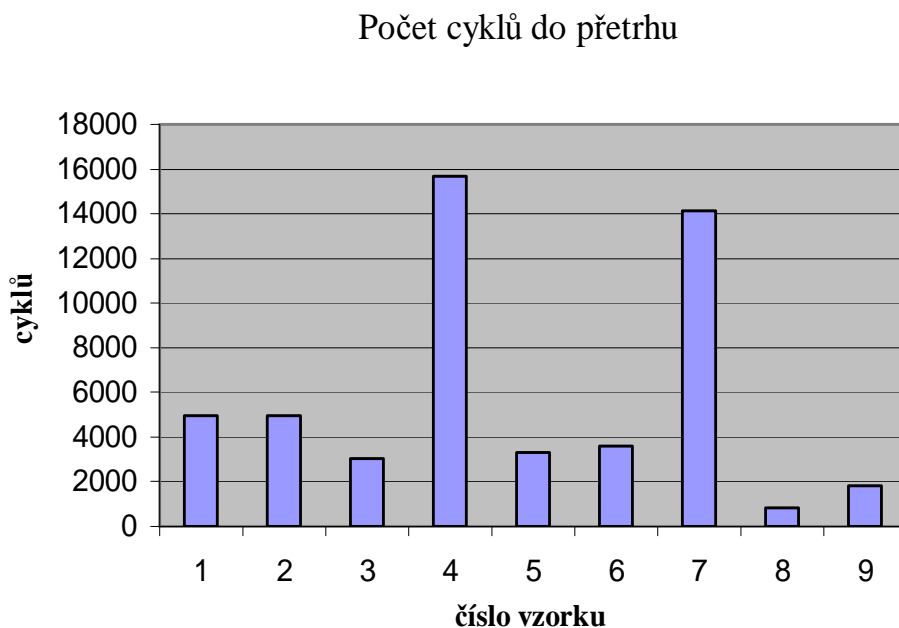
V průběhu experimentů se nepodařilo vyvodit opotřebování pilníku takovým způsobem, aby došlo k výraznému ovlivnění výsledků. Často se u později odíraných vzorků šňůr (s teoreticky vyšším opotřebením pilníku) stávalo, že počet cyklů při přetrhu byl nižší u dříve testovaných vzorků (s teoreticky nižším opotřebením pilníku).

Nelze však opotřebování pilníku vyloučit úplně a bylo by vhodné navrhnout interval výměny např. po určitých uběhnutých cyklech nebo po určitém počtu přetržených šňůr.

6 Vyhodnocení výsledků

V grafu č. 1 je znázorněn absolutní počet cyklů do přetrhu pro jednotlivé zkoumané typy šňůr. Protože se však šňůry liší tloušťkou, jemností i konstrukcí, snažila jsem se hledat jiný způsob vyjádření oděruvzdornosti.

Graf č. 1 Počet cyklů do přetrhu



Takovým jiným způsobem by mohlo být právě stanovení měrné oděruvzdornosti, které je vztaženo na jednotku jemnosti (v našem případě dtex). Takto je vytvořen graf č. 2.

Pro ilustraci je podrobně vypočten parametr pro vzorek č. 1:

Jedná se o 12-ti pramennou šňůru, kde je každý pramen vyroben z nekonečné PA příze o jemnosti 940 dtex. Celková jemnost, za předpokladu, že zanedbáme úhly pod nimiž se prameny ovíjejí po pomyslné spirále, je patrná ve vztahu (3).

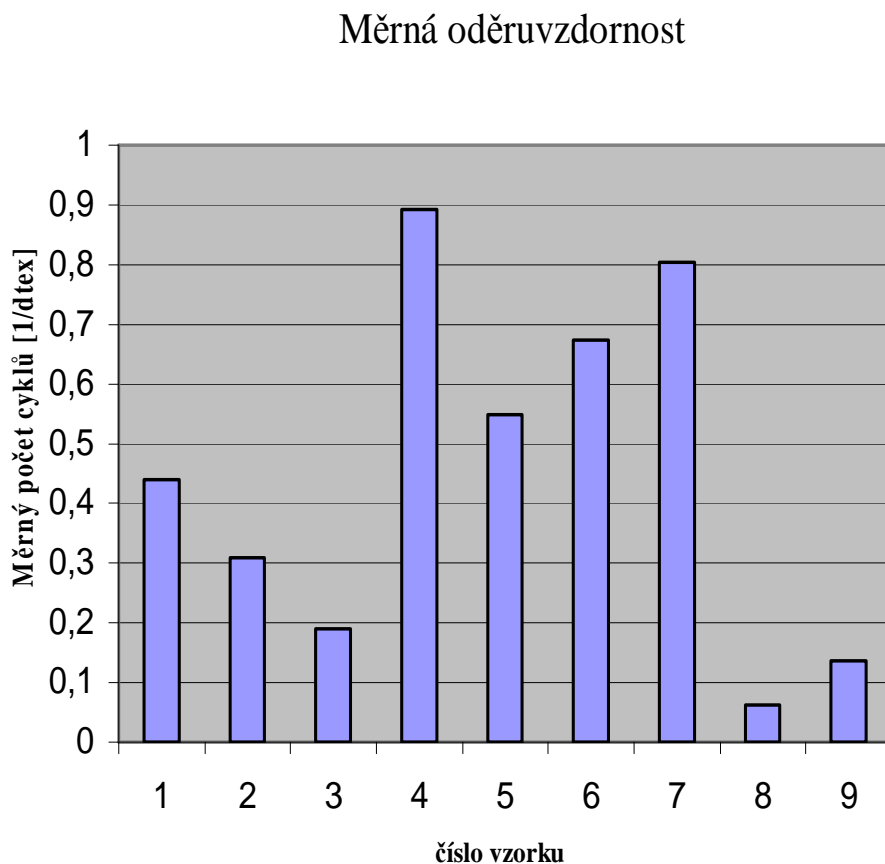
$$12 \times 940 = 11280 \text{ dtex.} \quad (3)$$

Pokud nyní celkový naměřený počet cyklů do přetrhu podělíme právě touto hodnotou, dostaneme měrnou oděruvzdornost (viz. vztah 4).

$$\frac{4960}{11280} = 0,44 \text{ dtex}^{-1} \quad (4)$$

Tímto způsobem jsou vyjádřeny měrné jemnosti u všech typů šňůr.

Graf č.2 Měrná oděruvzdornost



Z grafu č.3 je patrné, že nejlepší oděruvzdornosti dosahují vzorky č. 4 a 7 (oba bez jádra a oba vyrobeny z PES technické příze o jemnosti 1100 dtex). Technický polyester lze tedy považovat za materiál, který ze všech testovaných vzorků nejlépe odolává oděru.

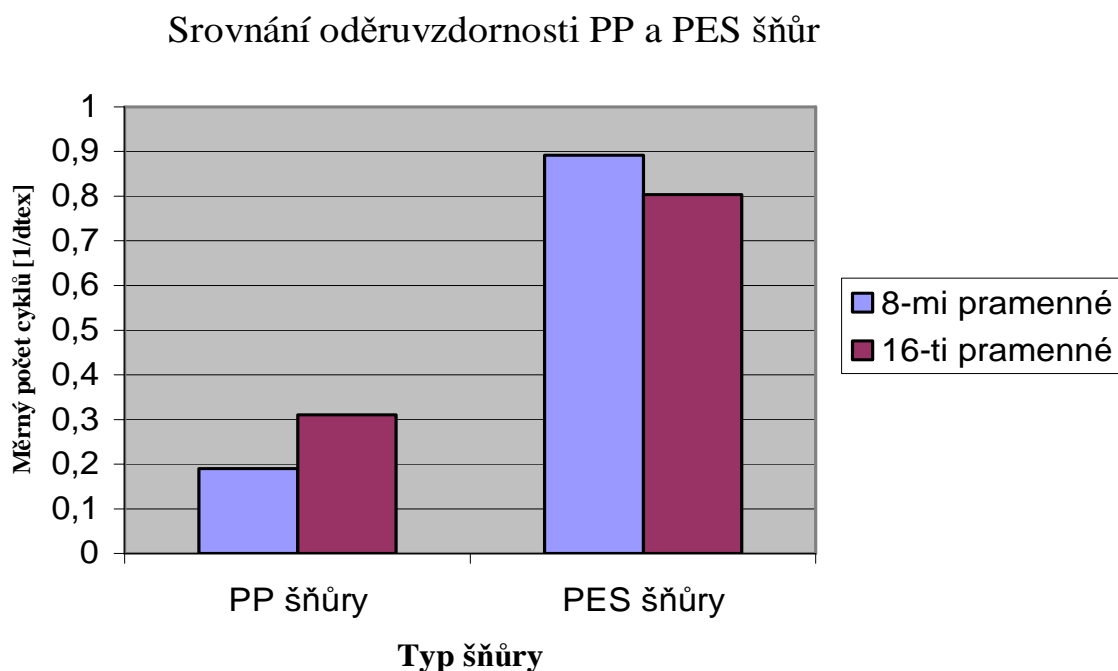
Zajímavým zjištěním je i to, že poměrně velkou měrnou oděruvzdornost dosahuje i vzorek č. 5, který je sice vyroben rovněž z PES materiálu, který je ovšem vzduchem tvarovaná a používá se zejména pro oděvní účely. Je to jen důkazem toho, že samotný polyester je materiál velmi odolný vůči oděru i v různých provedeních.

Důležitým zjištěním je také to, že vzorek č. 6 (velmi tenká PP šňůra) dosahuje ve srovnání se vzorky 2 a 3 (silnější PP šňůry) lepší měrné oděruvzdornosti. Tuto skutečnost si vysvětlují tak, že při testování šňůr většího průměru dochází k mírné deformaci obvodu v místě styku s třecím ústrojím a kruh se v tomto místě zplošťuje. Tím je docíleno větší styčné plochy a při oděru se tak odlamuje větší množství

jednotlivých vláken (filamentů). K destrukci tak dochází pravděpodobně rychleji. Tím se nabízí otázka zda je vyjádření měrné oděruvzdornosti vztažené k jemnosti úplně objektivní. Obtížnost vyjádření oděruvzdornosti nezávisle na typu šňůry, její konstrukci a materiálu potvrzuje fakt, že v literatuře [5] nebyl žádný způsob dosud popsán.

U PA šňůry je koeficient měrné oděruvzdornosti horší než u PES, ale lepší než u PP. Naměřené parametry v podstatě potvrzují obecná fakta uvedená v literatuře [5].

Graf č. 3 Srovnání oděruvzdornosti PP a PES šňůr



Z grafu č. 3 nelze vyvodit závěr, zda je z hlediska konstrukce odolnosti vůči oděru vhodnější hrubá struktura splétání, kdy jsou paličky na strojích uspořádány do tzv. tandemu (obdoba plátnové vazby) nebo jemná struktura (odpovídající dvojvaznému kepru). Na oděruvzdornost mají vedle typu vazby pravděpodobně vliv i jiné parametry, jako je hustota vazných bodů a s tím spojená strmost pomyslné spirály, po níž se jednotlivé prameny odvíjejí.

V. Závěr

V rámci této bakalářské práce se podařilo navrhnout a zrealizovat úpravu již dříve vyrobeného zařízení pro účely měření oděruvzdornosti tenkých splétaných šňůr do průměru cca 2 mm. Návrh třetího ústrojí i samotného původního aparátu je podrobně zdokumentován výkresy, které jsou v příloze F.

Ukázalo se, že navržené a vyrobené zařízení stanovenému účelu dobře vyhovuje a že jej lze pro měření oděruvzdornosti používat, což je nesporným praktickým přínosem celé práce.

V průběhu experimentální práce byla navržena metodika, která je v textu práce podrobně popsána. Navržená metodika je výsledkem mnoha hodin práce. Z počátku se řadu experimentů nedařilo realizovat. Postupným zkoušením a vylepšováním však došlo k obratu a metodika je nyní dobře reprodukovatelná.

Důležitým výstupem této práce je návrh základu normy, který se opírá o dosažené zkušenosti (viz. příloha C). Norma se zejména zaměřuje na metodiku měření.

Současně je dalším výstupem práce také sada základních měření a z nich vyvozené určité závěry:

- z běžných syntetických materiálů má nejlepší oděruvzdornost PES,
- z naměřených hodnot nelze usuzovat, zda hrubá (obdoba plátňové vazby) nebo jemná (obdoba dvou vazného kepru) struktura šňůr, odpovídající základnímu nebo tandemovému rozložení paliček, je z hlediska oděruvzdornosti lepší či horší,
- měrná oděruvzdornost, která byla v rámci vyhodnocení údajů zavedena, je lepší u šňůr menších průměrů než u šňůr větších průměrů.

Celé měření by bylo v budoucnu možné z uživatelského hlediska vylepšit tím způsobem, že by bylo vytvořeno jednotné programové prostředí, které by umožňovalo počítat cykly, zaznamenávat snímky a současně i zadávat parametry řídicí jednotce krokového motoru. Právě komunikace s řídicí jednotkou v takové podobě v jaké jsem ji používala při experimentální činnosti je z uživatelského hlediska málo komfortní a poněkud komplikovaná.

7 Seznam použité literatury:

- [1] Bernardová, Lenka: Bakalářská práce, Studie o uplatnění skleněných vláken v konfekčních a technických výrobcích, Liberec, 2006
- [2] Daněk, V.: Speciální technologie a programování výroby. Speciální pletařské technologie, Liberec: VŠST, 1991
- [3] Hořuková Jana: Diplomová práce, Studie opotřebení horolezeckých lan na umělé lezecké stěně, Liberec, 2007
- [4] Kajzrová Zuzana: Bakalářská práce, Délková hmotnost a pevnost polypropylenových splétaných šňůr, Liberec, 2005
- [5] McKenna, H. A., Hearle, J. W. S., O'Hear, N.: Handbook of fiber rope technology, Woodhead Publishing Ltd, 2004.
- [6] Mullerová Lucie: Bakalářská práce, Simulace oděru na jednoduchém modelu pro vybrané části oděvních výrobků, Liberec, 2003
- [7] Dotex, oplétací stroj [online]. Dostupný z http://www.dotex.cz/katalog/opl_OS64_1.htm [cit.2008-4-5].
- [8] Dyneema, home Dostupný z http://www.dsm.com/en_US/html/hpf/home_dyneema.htm [cit.2008-4-5].
- [9] Microcon [online]. Dostupný z <http://www.microcon.cz> [cit.2008-15-1]
- [10] The New Zweigle Product Catalog [online]. Dostupný z http://www.zweigle.com/zweigle/ZWEIGLE_PRODUCT_CATALOG_2007-08.pdf [cit.2008-29-5].
- [11] VEMAT-CZ: výrobky [online]. Dostupný z <http://www.vemat.cz/cz/vyrobk> [cit.2007-13-11].
- [12] Wikipedie, otevřená encyklopedie, Aramid [online]. Dostupný z <http://cs.wikipedia.org/wiki/Aramid> [cit.2008-1-5].
- [13] Wikipedia, The Free Encyclopedia, Carbon fiber [online]. Dostupný z http://en.wikipedia.org/wiki/Carbon_fiber [cit.2008-1-5].

- [14] Wikipedia, The Free Encyclopedia, Nomex [online]. Dostupný z <http://en.wikipedia.org/wiki/Nomex> [cit.2008-1-5].
- [15] Wikipedie, otevřená encyklopedie, Technické textilie [online]. Dostupný z http://cs.wikipedia.org/wiki/Technick%C3%A9_textilie [cit.2008-14-4].
- [16] Wikipedie, otevřená encyklopedie, Textilní lano [online]. Dostupný z http://cs.wikipedia.org/wiki/Textiln%C3%AD_lano [cit.2007-28-12].
- [17] ČSN 80 0816: Zjišťování odolnosti v oděru na rotačním odírači, Brno 1980
- [18] ČSN 80 0833: Plošné textilie. Stanovení odolnosti v oděru na vrtulkovém odírači, Brno 1993

Seznam příloh:

- Příloha A: Výtah z normy ČSN 80 0816: Zjišťování odolnosti v oděru na rotačním odírači a ČSN 80 0833: Plošné textilie. Stanovení odolnosti v oděru na vrtulkovém odírači
- Příloha B: Povelový soubor pro zadání parametrů krokovému motoru
- Příloha C: Základ normy
- Příloha D: Vzorky šňůr
- Příloha E: Výkresy pro zhotovení stávajícího aparátu
- Příloha F: Výkresy pro zhotovení odíracího ústrojí
- Příloha G: Seznam elektronických příloh na CD

A: Výtah z normy ČSN 80 0816 [17] a ČSN 80 0833 [18]

Zjišťování odolnosti v oděru na rotačním odírači

Norma platí pro stanovení odolnosti plošných textilií v oděru na rotačním odírači systém Schopper-Geiger. Tato metoda platí pro plošné textilie u nichž je třeba stanovit odolnost v oděru lícni nebo rubové strany.

Podstata zkoušky

Pracovní vzorek plošné textilie se upevní do hlavy přístroje a otáčivým pohybem se odírá jedna strana povrchu vzorku o brousící papír.

Zkušební přístroje a pomůcky

Ke zkoušce je třeba:

- a) rotační odírač,
- b) vodovzdorný brousící papír z černého karbidu křemíku lepeného umělou pryskyřicí, typu 21123,
- c) analytické váhy,
- d) technické sukno podle ON 4502,
- e) nůžky nebo raznice,
- f) kartáč.

Odběr a příprava vzorku

Pomocí raznice se vystřihne nebo vysekne pět kruhových pracovních vzorků o průměru 115 mm, nejméně 100 mm od kraje plošné textilie.

Příprava přístroje

Použije se vodovzdorný brousící papír ad.b) zrnitosti č. 400. Pro plošné textilie zvlášť odolné proti oděru lze použít brousící papír s hrubší zrnitostí, např. 280, 150, 100, 80.

Odstřižený brousící papír se upevní do čelisti odíracího zařízení. Pro každý pracovní vzorek se použije nový brousící papír.

Na odírací zařízení se umístí závaží. Hmotnost závaží se volí s přihlédnutím k odolnosti plošné textilie oděru z řady: 100, 200, 400, 500, 600, 800, 1000, 1200, 1500, 2000 g.

Postup zkoušky

Pracovní vzorek se podloží pružnou podložkou z technického sukna viz ad.d). Pracovní vzorek a pružná podložka se upnou do upínací hlavy přístroje. Otáčením napínací hlavice se vypne pracovní vzorek tak, aby se jeho povrch dotýkal spodní hrany kontrolní měrky nařízené na vyklenutí 5 mm.

Upínací hlava se vloží do přístroje, na povrch pracovního vzorku se zvolna spustí odírací zařízení a přístroj se uvede do činnosti. Upínací hlava se otáčí kolem své osy, vykonává pohyb daný konstrukcí přístroje a odírá 50 cm² lící nebo rubové strany plošné textilie o brousící papír pod stanoveným zatížením. Počet otáček rotující hlavice zaznamenává počítadlo.

Po každých 100 otáčkách se přístroj zastaví, pracovní vzorek a brousící papír se okartáčují a zbaví prachu. Pak se přístroj znovu uvede do pohybu, přičemž dojde ke změně směru otáčení hlavy přístroje.

Při použití zkušebního postupu stanovení plošné textilie v oděru do jejího porušení se pracovní vzorek odírá až do porušení textilie. U tkanin je to porušení alespoň jednoho vazného bodu, u vlasových tkanin porušení vlasu až je patrna základní tkanina, nebo vypadání vlasu na ploše 4 mm². U ostatních plošných textilií je porušení specifikováno v předmětových normách pro výrobky.

Při použití zkušebního postupu stanovení odolnosti plošné textilie v oděru na základě úbytku její hmotnosti se nejdříve zjistí hmotnost pracovního vzorku. Pak se vzorek odírá v závislosti na počtu otáček a hmotnosti závaží až do stanoveného počtu otáček rotující hlavice. Počet otáček je stanoven v předmětových normách pro výrobky. Po okartáčování a klimatizování se opět zjistí hmotnost pracovního vzorku.

Zjištění hmotností se stanoví s přesností na 0,1 mg. Hodnoty se zaznamenají.

Vyjádření výsledků

Výsledkem zkoušky odolnosti v oděru při použití postupu stanovení plošné textilie v oděru do jejího porušení, je hodnota aritmetického průměru výsledků měření pěti pracovních vzorků, vypočítaná s přesností na jednu otáčku a zaokrouhlená na desítky.

Výsledkem zkoušky odolnosti v oděru při použití postupu stanovení odolnosti plošné textilie v oděru na základě úbytku její hmotnosti, je hodnota aritmetického průměru úbytku hmotnosti výsledků měření pěti pracovních vzorků vypočítaná

s přesností na 0,01 mg a zaokrouhlená na 0,1 mg. Úbytek hmotnosti x v mg se vypočítá dle vzorce:

$$x = m_0 - m_1$$

m_0 = hmotnost pracovního vzorku před zkouškou [mg]

m_1 = hmotnost pracovního vzorku po zkoušce [mg] [17]

Stanovení odolnosti v oděru na vrtulkovém odírači

Norma je určena pro stanovení odolnosti plošných textilií a dalších ohebných materiálů vůči oděru. Norma není určena pro textilie, při jejichž zkoušení dochází i po opakovaném stanovení k nepravdělnému chodu přístroje nebo k jeho poškození.

Podstata zkoušky

Pracovní vzorek se zpracovává ve volném stavu tak, že uvnitř zkušební komory přístroje je poháněn vrtulkou po kruhové oběžné dráze, při čemž opakovaně naráží na odírací obložení. Současně je vystaveno ohýbání, tření, nárazům, stlačování, napínání a dalším mechanickým vlivům. Po stanovené době se zjistí hmotnost pracovního vzorku a vypočítá se úbytek hmotnosti.

Zkušební přístroje a pomůcky

Ke zkoušce je třeba:

- a) Pomůcky pro přípravu a odběr vzorků: nůžky nebo raznice, šicí stroj s klikatým nebo obnitkovacím pohybem, polyesterové nitě, pružné pojivo;
 - b) Vrtulkový odírač se zkušební komorou ve tvaru válce s nastavitelnými otáčkami vrtulky;
 - c) Vrtulky: rovné o délce 107,95 mm, 112 mm, 120,65 mm nebo ve tvaru S o délce 107,95 mm, 114,30 mm;
 - d) Odírací obložení: plazmaticky povlakovaný kotouč. Po dohodě obou stran je možné použít i jiná odírací obložení, např. brusné plátno nebo karborundový kotouč;
 - e) Pomůcky pro čištění vzorků a komory přístroje po zkoušce: vysavač, měkký kartáč;
 - f) Analytické váhy s přesností vážení na $\pm 0,001\text{g}$.
-

Odběr a příprava vzorku

Připraví se 5 pracovních vzorků o daných rozměrech tak, aby úhlopříčky vzorku ležely ve směru osy nebo sloupku. Pracovní vzorky se odebírají ve vzdálenosti nejméně 100 mm od okrajů zkoušené textilie a musí obsahovat vždy jinou soustavu osnovních a útkových nití. Aby se zabránilo třepení okrajů během zkoušky, zpevní se okraje obnitkováním.

Postup zkoušky

Podmínky zkoušky, tj. tvar a délka vrtulky, odírací obložení, doba zkoušky a počet otáček se stanoví v předmětové normě nebo na základě dohody obou zúčastněných stran.

Pracovní vzorek se rukou zmáčkne a vloží do zkušební komory vrtulkového odírače. Komora se uzavře, nastaví se požadované otáčky vrtulky a přístroj se uvede do chodu. Po celou dobu zkoušky je třeba udržovat otáčky s přesností ± 100 ot./min.

Po stanovené době se pracovní vzorek vyjme a po odstranění zbytků vláken vysavačem se klimatizuje. Klimatizované pracovní vzorky se zváží s přesností na 0,001g.

Po každé zkoušce se zkušební komora včetně odíracího obložení vyčistí podle typu použitého odíracího obložení měkkým kartáčem a vysavačem.

Dochází-li k poškození všech pracovních vzorků zkoušeného druhu, k nepravidelnému chodu přístroje, vlečení vzorku vrtulkou nebo prudkým nárazům vzorku na stěny komory přístroje, je zkušební metoda pro daný druh textilie nevhodná.

Vyjádření výsledků

Odolnost v oděru v hmotnostních procentech se vypočítá dle vzorce:

$$U = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100[\%]$$

m_1 = hmotnost pracovního vzorku před zkouškou [kg]

m_2 = hmotnost pracovního vzorku po zkoušce [kg]

Z pěti zjištěných hodnot se vypočítá průměrná hodnota, která se zaokrouhlí na jedno desetinné místo. [18]

B: Povelový soubor pro zadání parametrů krokovému motoru

Nastavení parametrů pro krokový motor se provádí výhradně jako povelový soubor zadaný do programu Inmotion Utilities. Příklad povelového souboru je uveden:

```
[  
c7  
s1000  
v3000 ;zadání převíjecí rychlosti  
a5000  
f300000 ;zadání odírací dráhy  
L80 ;zadání hlavního cyklu  
L200 ;zadání vnořeného cyklu  
r  
c1  
d  
r  
t1  
d  
e  
e  
t7  
]
```

Příkaz **v3000** odpovídá převíjecí rychlosti 32,4 m/min. Změnou tohoto parametru lze nastavovat převíjecí rychlost.

Příkaz **f300000** udává převíjenou délku. Při obvodu válce 14,6 cm tento parametr zajistí odíranou délku šňůry 94 cm.

Součin parametrů hlavního a vnořeného cyklu udává celkový počet cyklů, který má být proveden.

C: Základ normy

Předmět normy

Norma stanovuje postup testování oděruvzdornosti splétaných šňůr za použití přípravku navrženého pro tento účel. Metoda je vhodná k testování splétaných šňůr s průměrem menším než 2 mm.

Obsah

8	Definice.....	61
8.1	Oděr	61
9	Ústrojí sloužící k oděru šňůr (obr. 9.1)	61
10	Podstata zkoušky.....	62
11	Zkušební zařízení	62
12	Normální ovzduší.....	63
13	Odběr vzorku	63
14	Postup zkoušky	63
14.1	Nastavení parametrů	63
14.2	Upínací délka	64
14.3	Vlastní měření.....	64
15	Protokol o zkoušce.....	64
	Literatura.....	64

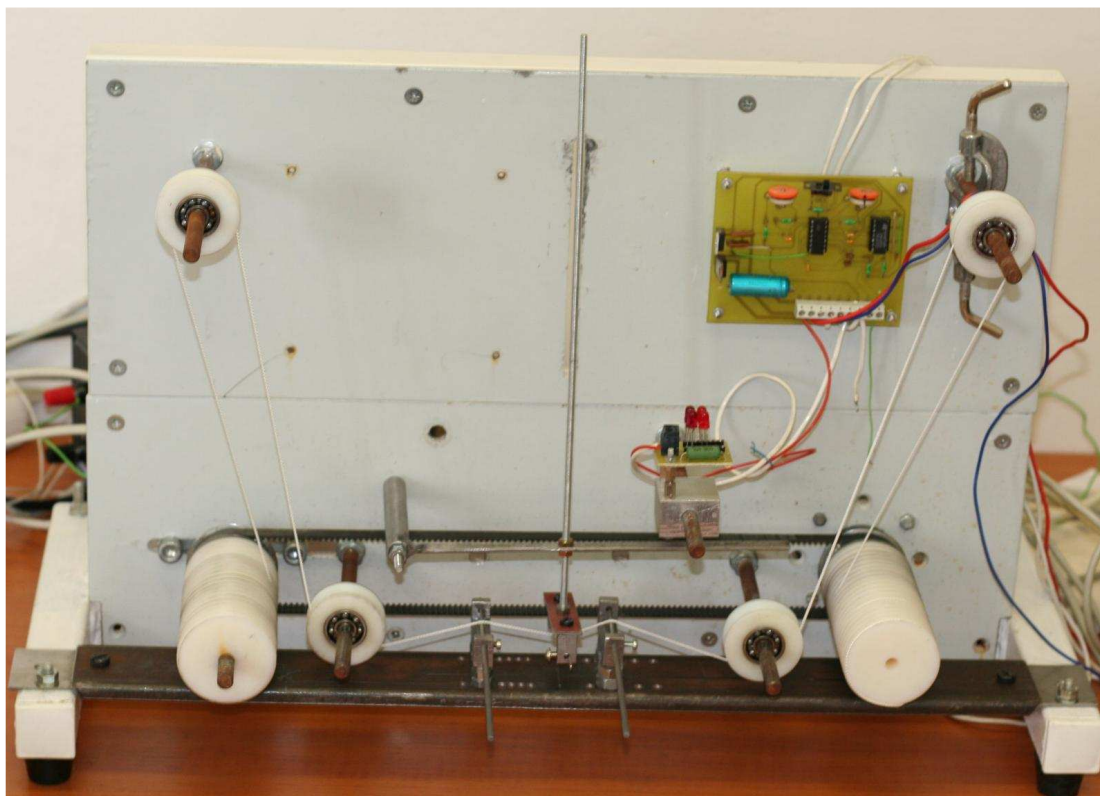
8 Definice

8.1 Oděr

Oděr je nejagresivnější narušení šňůry. K takovému narušení dochází při styku splétané šňůry s drsným nebo ostrým povrchem. Dochází k odírání jednotlivých vláken, k jejich ulamování, odpadávání, ucpávání pórů šňůry a v neposlední řadě k destruktivnímu porušení konstrukce šňůry až do jejího přetrhu. [2]

9 Ústrojí sloužící k oděru šňůr (obr. 9.1)

- Kostra přípravku
 - Montážní plechy
 - Krokový motor SX23-1412 včetně řídicí jednotky CD 30X, který zajišťuje pohyb
 - Pohyblivá vypínací kladka, která je schopná vypnout ozubený polyuretanový řemen
 - Na hřídeli krokového motoru i vypínací kladky jsou připevněny ozubené řemeničky, které spolu s ozubeným řemenem zajišťují synchronní počet otáček.
 - Na obou hřídelích je upevněn válec z plastu s vyřezaným závit, který zajišťuje převíjení šňůry.
 - Čtyři vodící kladky
 - Tři nosné konstrukce opatřené závitem pro pojistný šroub
 - Jehlový modelářský pilník kruhového průřezu hrubosti 3 (nejjemnější hrubost)
 - Rameno se závitovou tyčí
-



Obr. 9.1 Aparát sloužící k oděru šňůr

10 Podstata zkoušky

Podstatou zkoušky je stanovení počtu cyklů do přetrhu splétané šňůry na odíracím zařízení. Je potřeba znát převíjecí rychlost stroje a program obsahující parametry jednotlivých příkazů.

11 Zkušební zařízení

Ke zkoušce je použit:

- aparát s navinutou testovanou šňůrou,
- připojení řídicí jednotky krokového motoru na stroji a počítače s využitím linky RS – 232 (standardní sériové rozhraní počítačů),
- program, který umožní nastavit počet cyklů, rychlost převíjení a zrychlení,
- 2 pilníky hrubosti 3 (nejjemnější hrubost),
- pletací jehla,
- digitální kamera.

12 Normální ovzduší

Zkouška probíhá v laboratoři při podmínkách blízkých standardním klimatickým podmínkám, tj. teplota 21 až 23° C, relativní vlhkost 50 až 55 %. Vzorke určené k měření musí být klimatizovány po dobu 24 hodin.

13 Odběr vzorku

Odebíraná šňůra by neměla mít větší průměr než 2 mm. Délka vzorku je min. 3 x 400 cm (tři vzorky délky 400 cm pro tři samostatná měření). S tím, že úsek, který se periodicky odírá o hranu je dlouhý 94 cm.

14 Postup zkoušky

Zkouška je rozdělena do tří fází tj. nastavení parametrů, upnutí šňůry do stroje a vlastní měření.

14.1 Nastavení parametrů

Nastavení parametrů pro krokový motor se provádí výhradně jako povelový soubor zadáný do programu Inmotion Utilities. Příklad povelového souboru je uveden:

```
[  
c7  
s1000  
v3000 ;zadání převíjecí rychlosti  
a5000  
f300000 ;zadání odírací dráhy  
L80 ;zadání hlavního cyklu  
L200 ;zadání vnořeného cyklu  
r  
c1  
d  
r  
t1  
d  
e  
e  
t7  
]
```

Příkaz **v3000** odpovídá převíjecí rychlosti x cm za minutu. Změnou tohoto parametru lze nastavovat převíjecí rychlost.

Příkaz **f300000** udává převíjenou délku. Při obvodu válce 14,6 cm tento parametr zajistí odíranou délku šňůry 94 cm.

Součin parametrů hlavního a vnořeného cyklu udává celkový počet cyklů, který má být proveden.

14.2 Upínací délka

Upínací délka šňůry je přibližně 400 cm. Průměr měřených šňůr do 2 mm.

14.3 Vlastní měření

Je naprogramováno 12.000 cyklů a rychlost převíjení 3000 kroků/s. U šňůr dochází k 7 % protažení šňůry na odírané délce. Což není schopné rameno třecího ústrojí absorbovat, dojde k protažení o více než 6 cm. Z toho důvodu je nutné vždy po určitém počtu cyklů (většinou 1500 cyklů) šňůru znovu upnout do přípravku.

Přetrh šňůry je neustále sledován. Digitální kamera, která je napojená k počítači pořizuje snímek šňůry v odíracím ústrojí vždy po 50-ti cyklech (může být nastavený i jiný interval). V případě nepřítomnosti obsluhy měřícího aparátu je okamžik přetrhu zaznamenán s odchylkou ± 50 cyklů. Program současně zaznamenává i počet uběhnutých cyklů a tento počet ukládá na disk, takže i při neočekávaném výpadku proudu lze navázat na předčasně ukončené měření.

Každý vzorek šňůry se testuje třikrát do jejího přetrhu.

15 Protokol o zkoušce

V protokolu o zkoušce musí být uvedeny údaje:

- a) odkaz na tuto normu a datum zkoušky,
- b) dostatečné informace pro celkovou identifikaci zkoušeného vzorku šňůry (doporučení: druh materiálu, jemnost a počet pramenů, technologie výroby šňůry, konstrukce šňůry, dostava – počet vazných bodů/1cm, průměr),
- c) počet zkušebních vzorků,
- d) odchylka od normou uvedeného postupu,
- e) výsledky zkoušky (stanovení průměrné hodnoty).

Literatura

- [1] Hanáková Andrea, Bakalářská práce, Metody testování oděruvzdornosti splétaných šňůr, Liberec, 2008
 - [2] Mullerová Lucie, Bakalářská práce, Simulace oděru na jednoduchém modelu pro vybrané části oděvních výrobků, Liberec, 2003
-

D: Vzorky šňůr

Vzorek	Počet pramenů	Materiál(*)	Dostava	Průměr [mm]
1	12	PA 940 dtex	10,0	1,4

2	16	PP 1000 dtex	5,9	2,2
---	----	--------------	-----	-----

3	8	PP 2x1000 dtex	4,0	2,2
---	---	----------------	-----	-----

4	8	PES 2x1100 dtex	5,8	1,9
---	---	-----------------	-----	-----

5	12	PES 3x167 dtex	10,1	1,4
---	----	----------------	------	-----

6	6	PP 890 dtex	6,1	1,0
---	---	-------------	-----	-----

7	16	PES 1100 dtex	10,2	1,9
---	----	---------------	------	-----

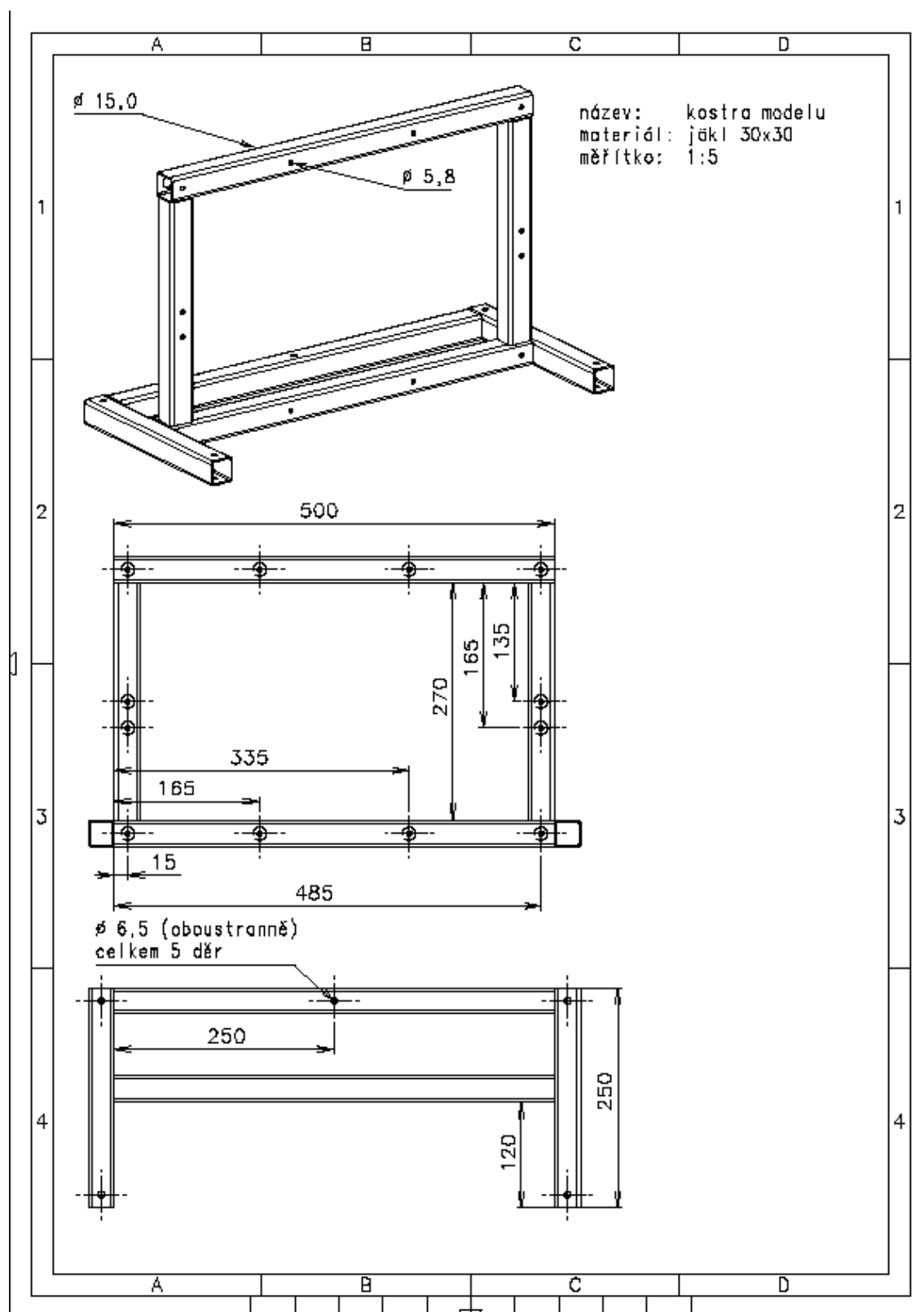
8	12	PES 1100 dtex	9,9	1,5
---	----	---------------	-----	-----

9	16	PA 830 dtex	11,1	1,4
---	----	-------------	------	-----

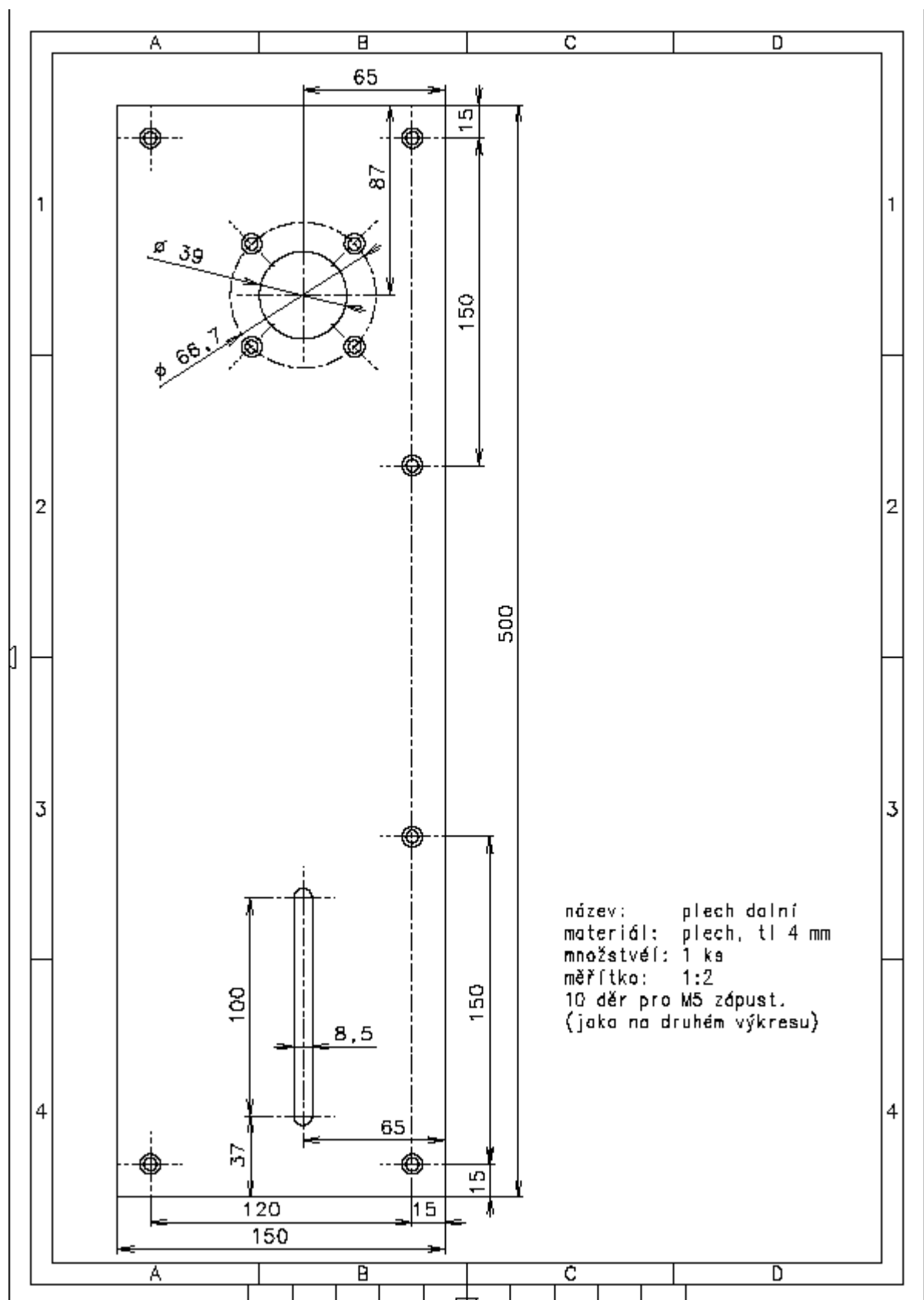
(*) Jemnost jednoho pramene

E: Výkresy pro zhotovení stávajícího aparátu

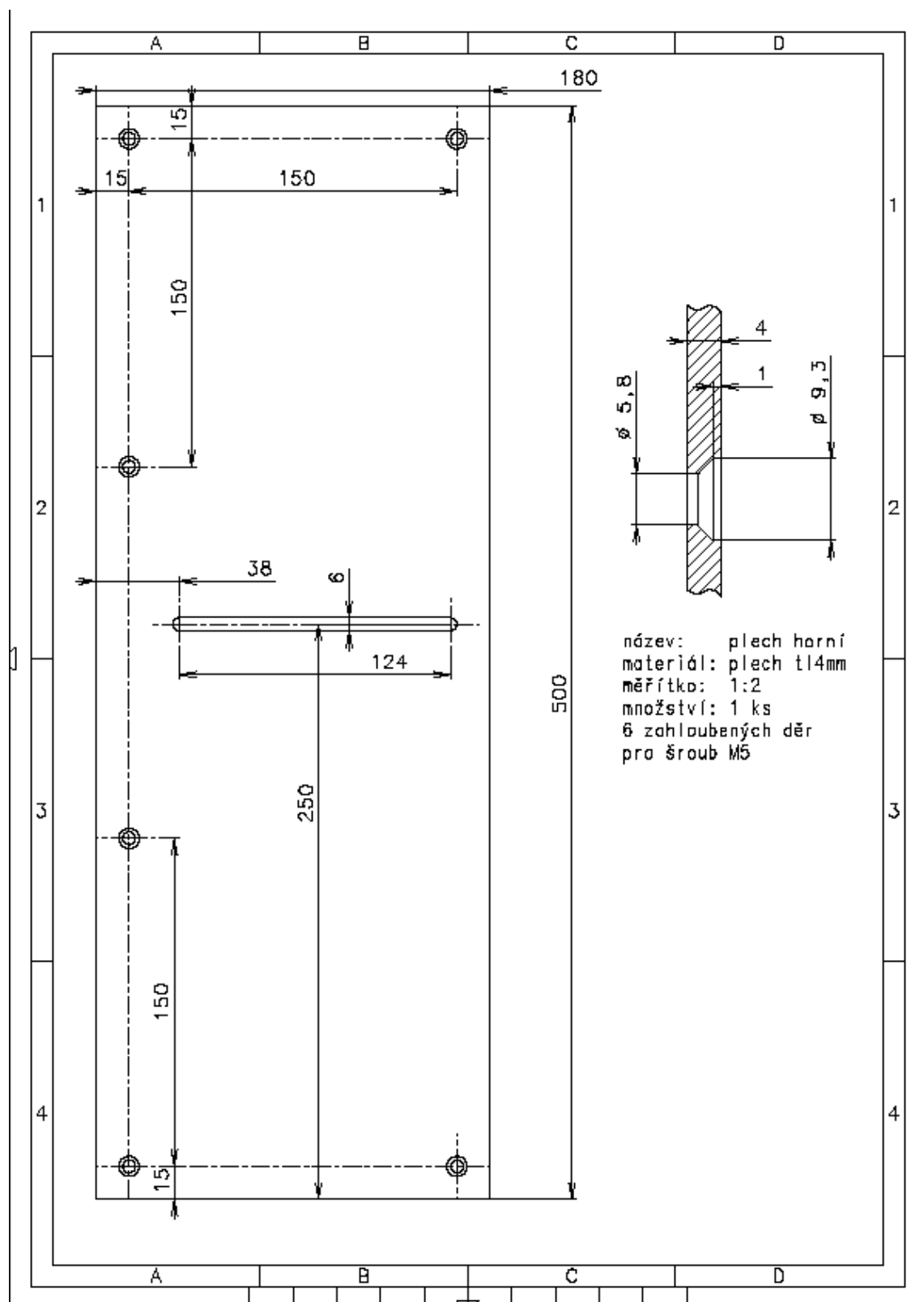
Kostra přípravku (modelu)



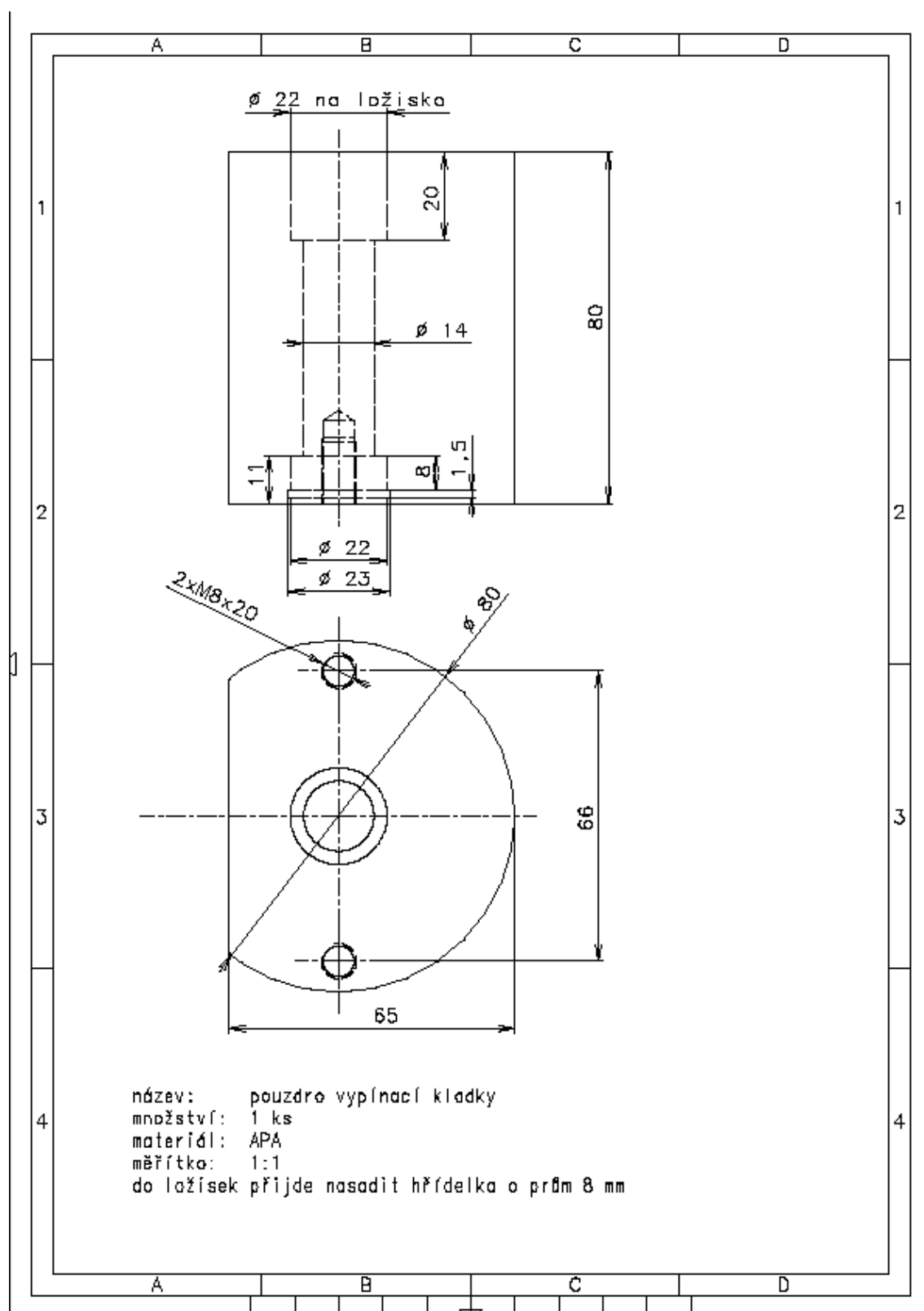
Dolní montážní plech



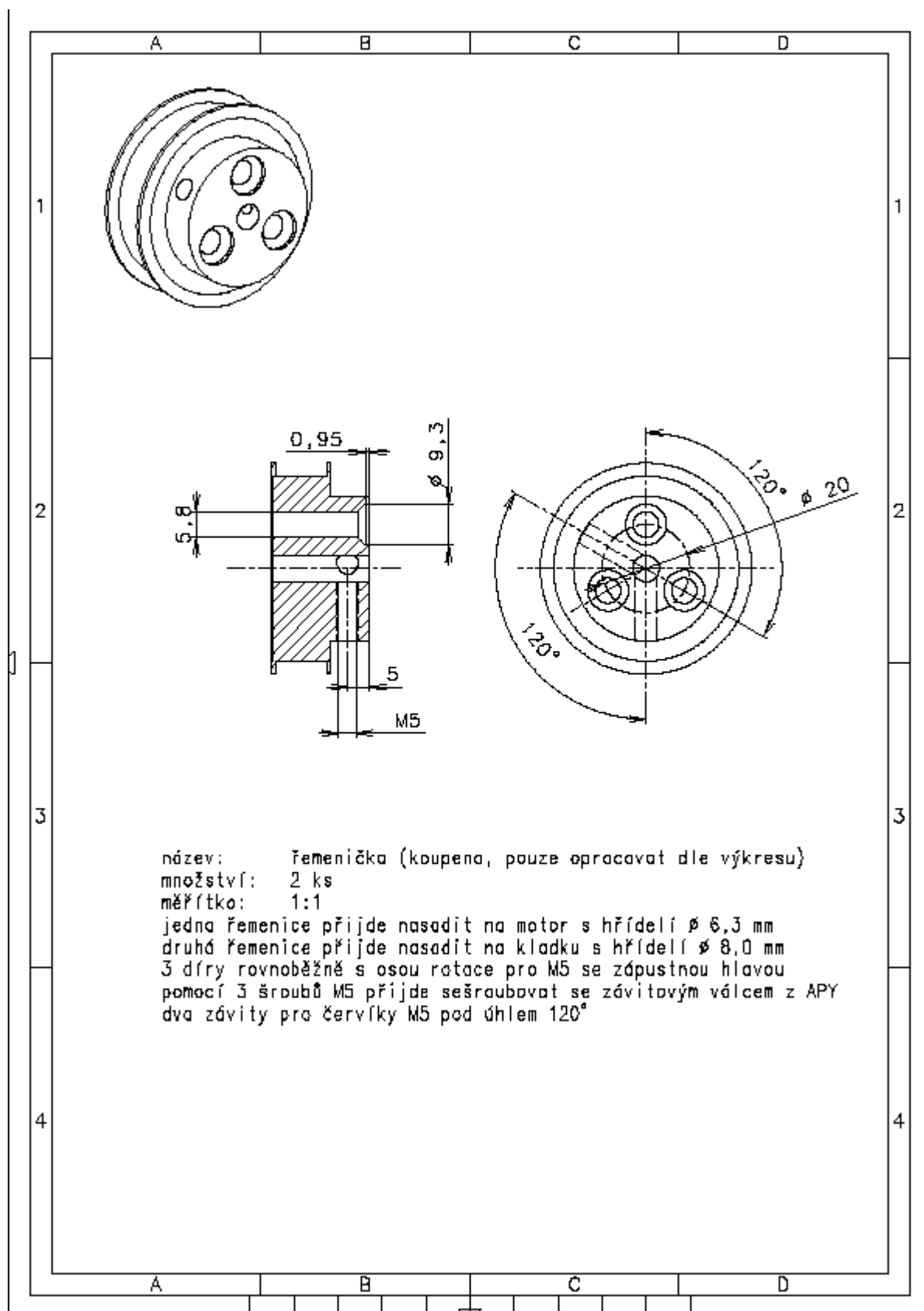
Horní montážní plech



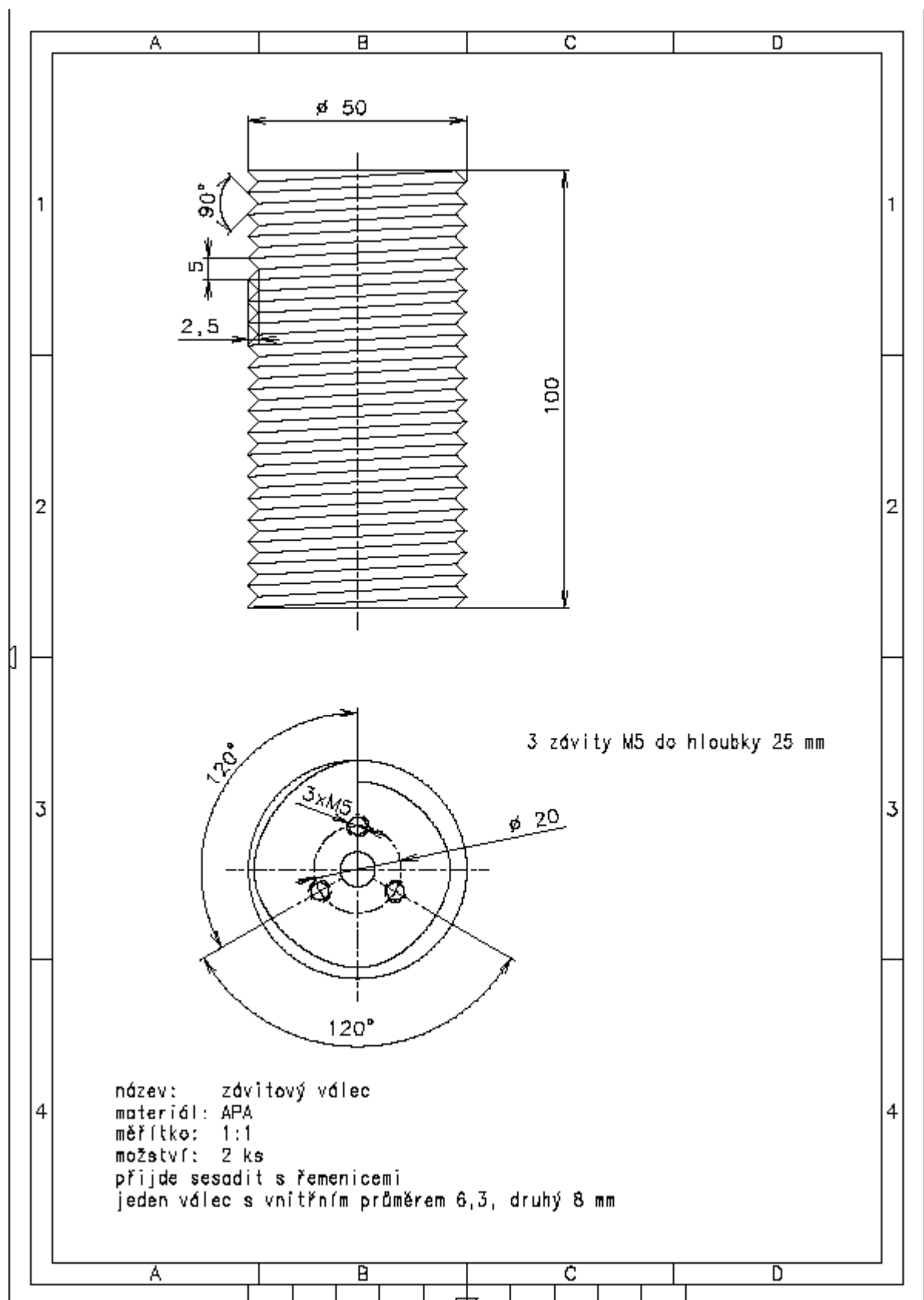
Pohyblivá vypínací kladka s pouzdem



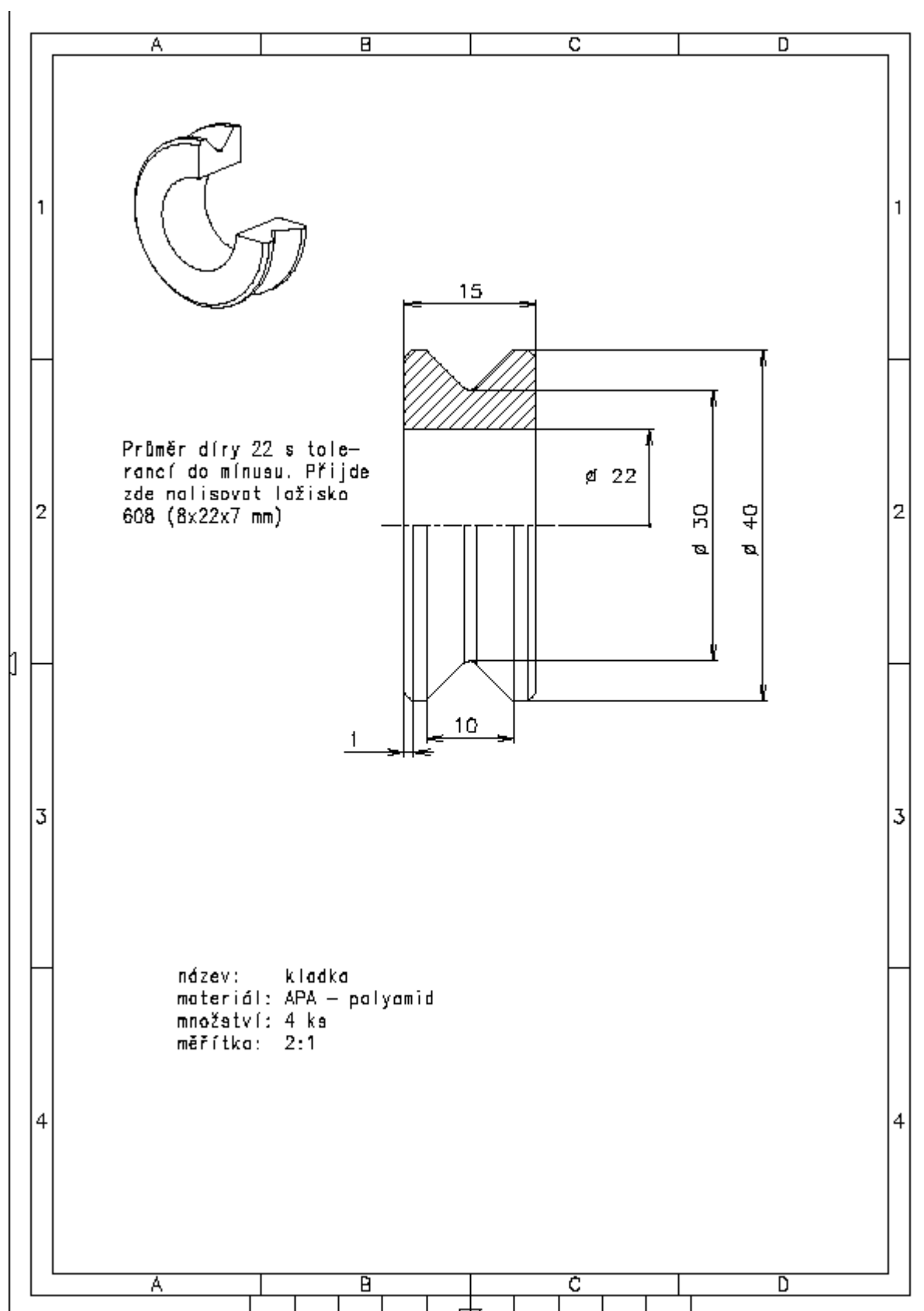
Ozubená řemenička



Plastový závitový válec

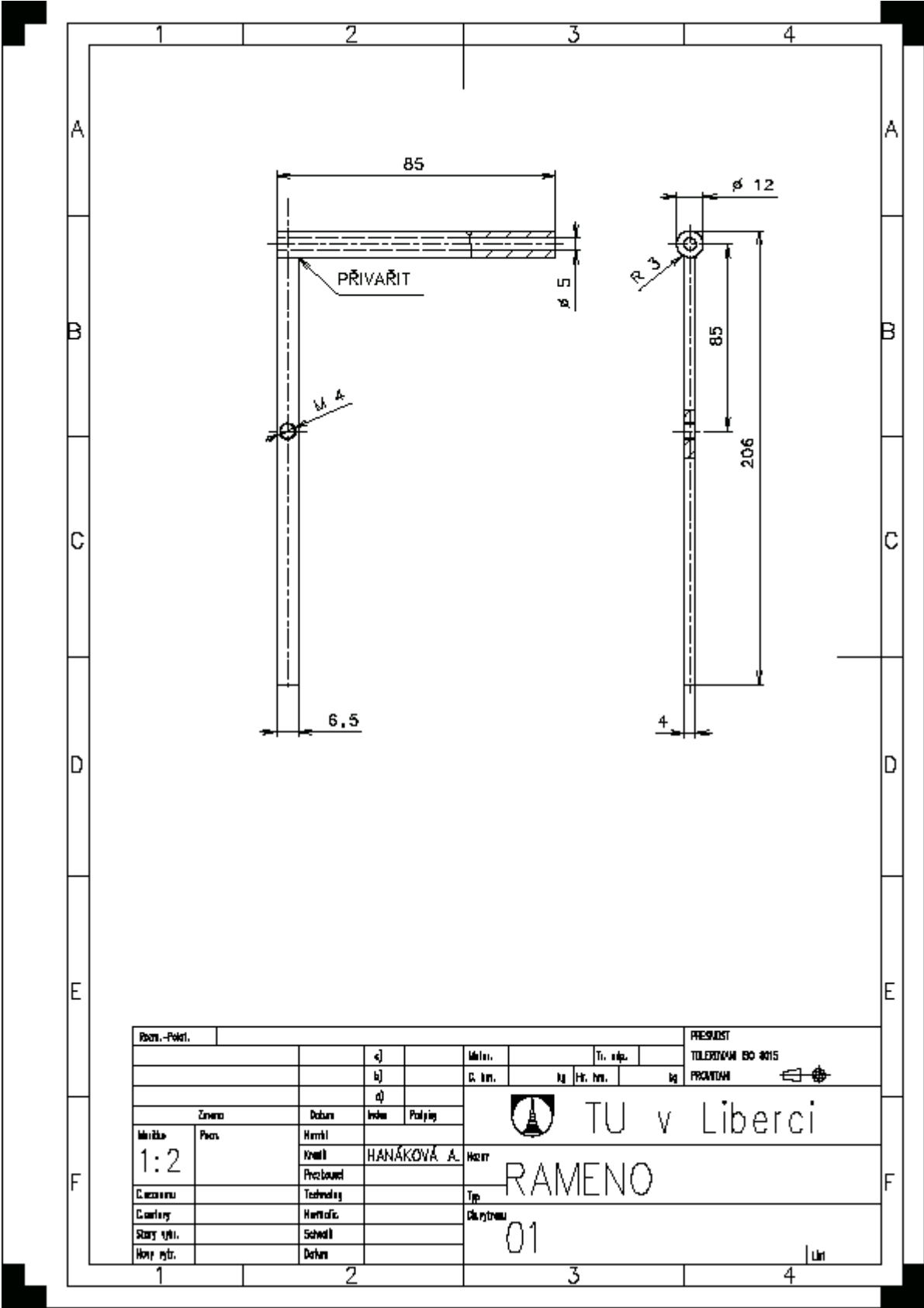


Vodící kladka

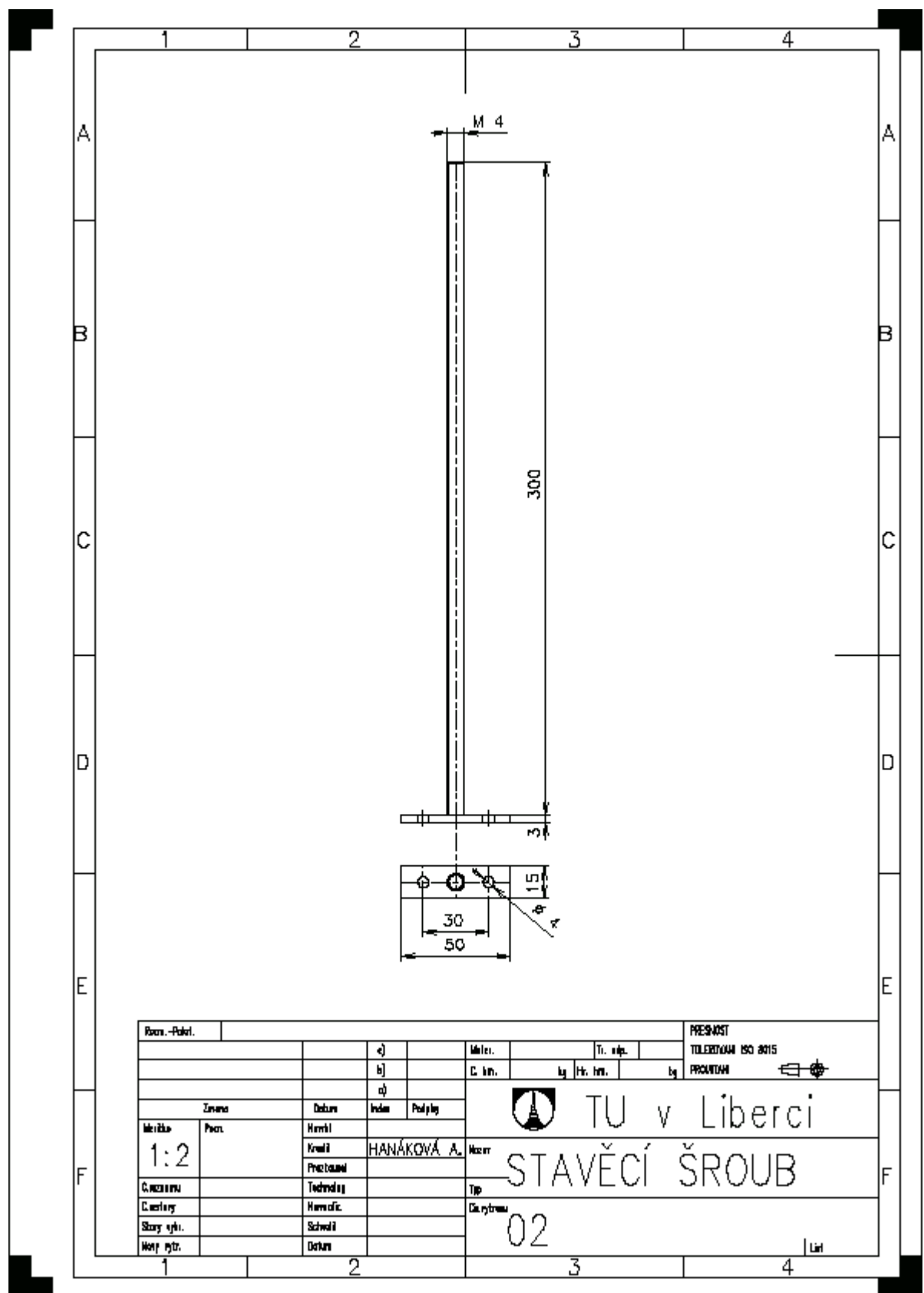


F: Výkresy pro zhotovení odíracího ústrojí

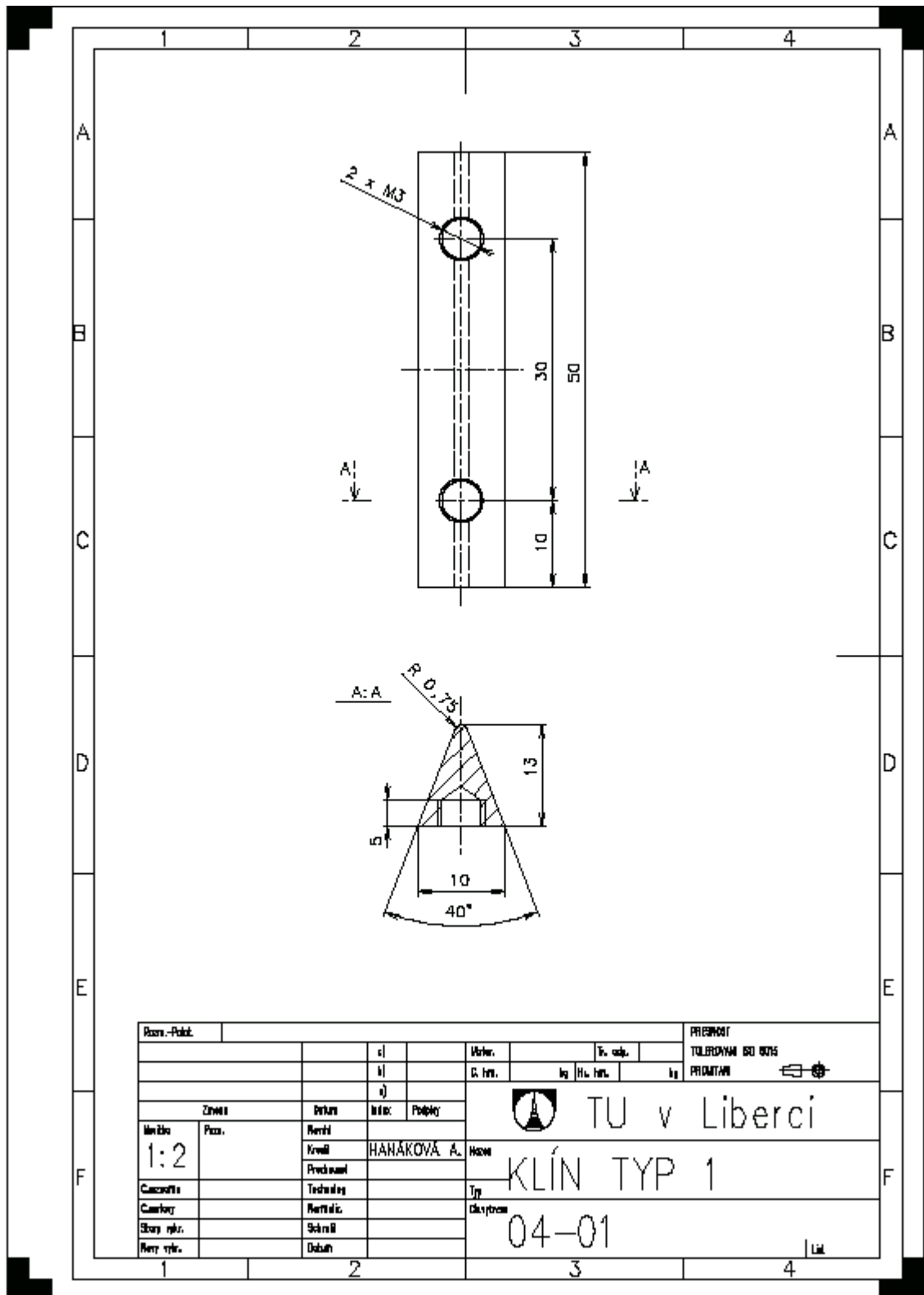
Rameno



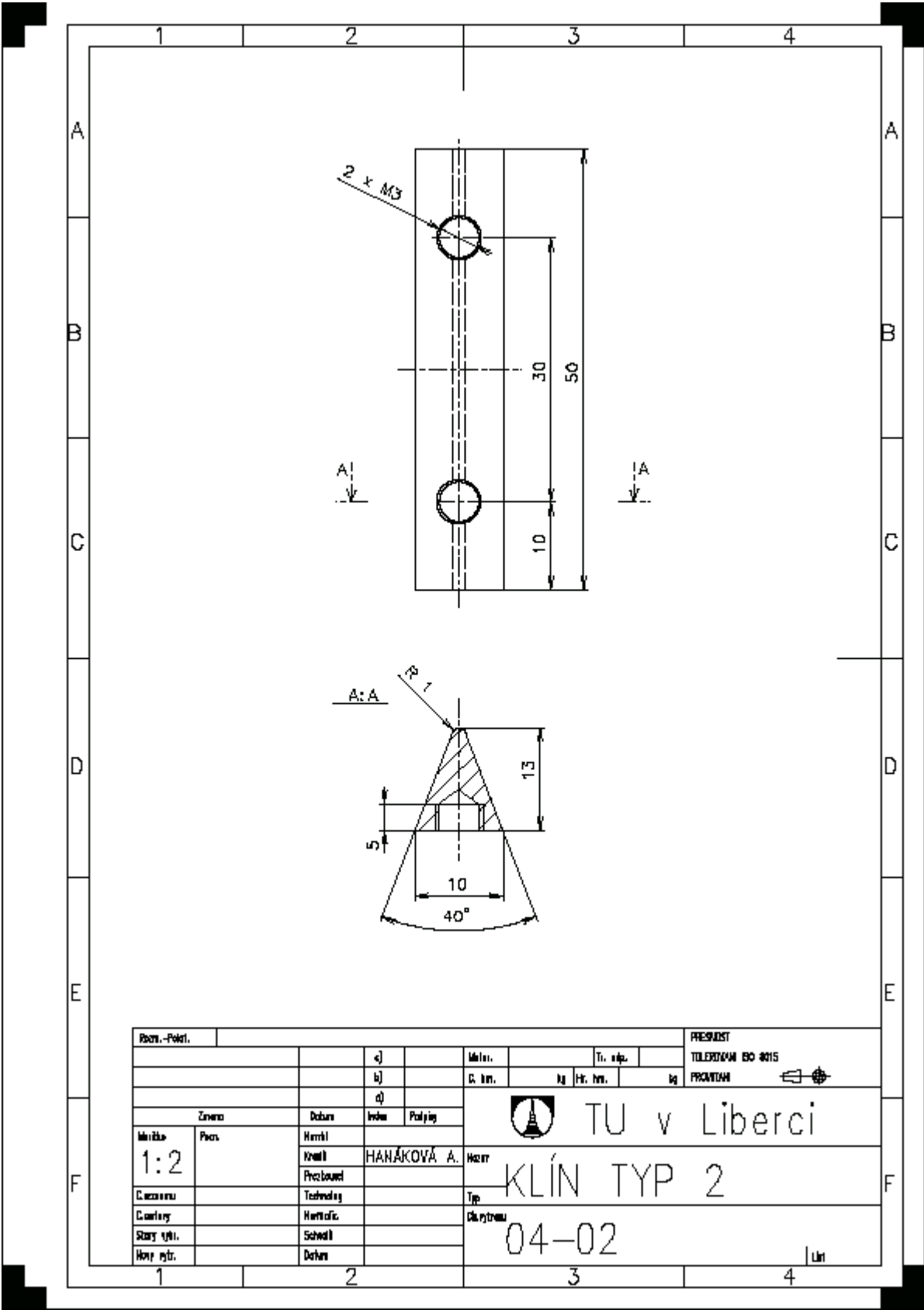
Stavěcí šroub



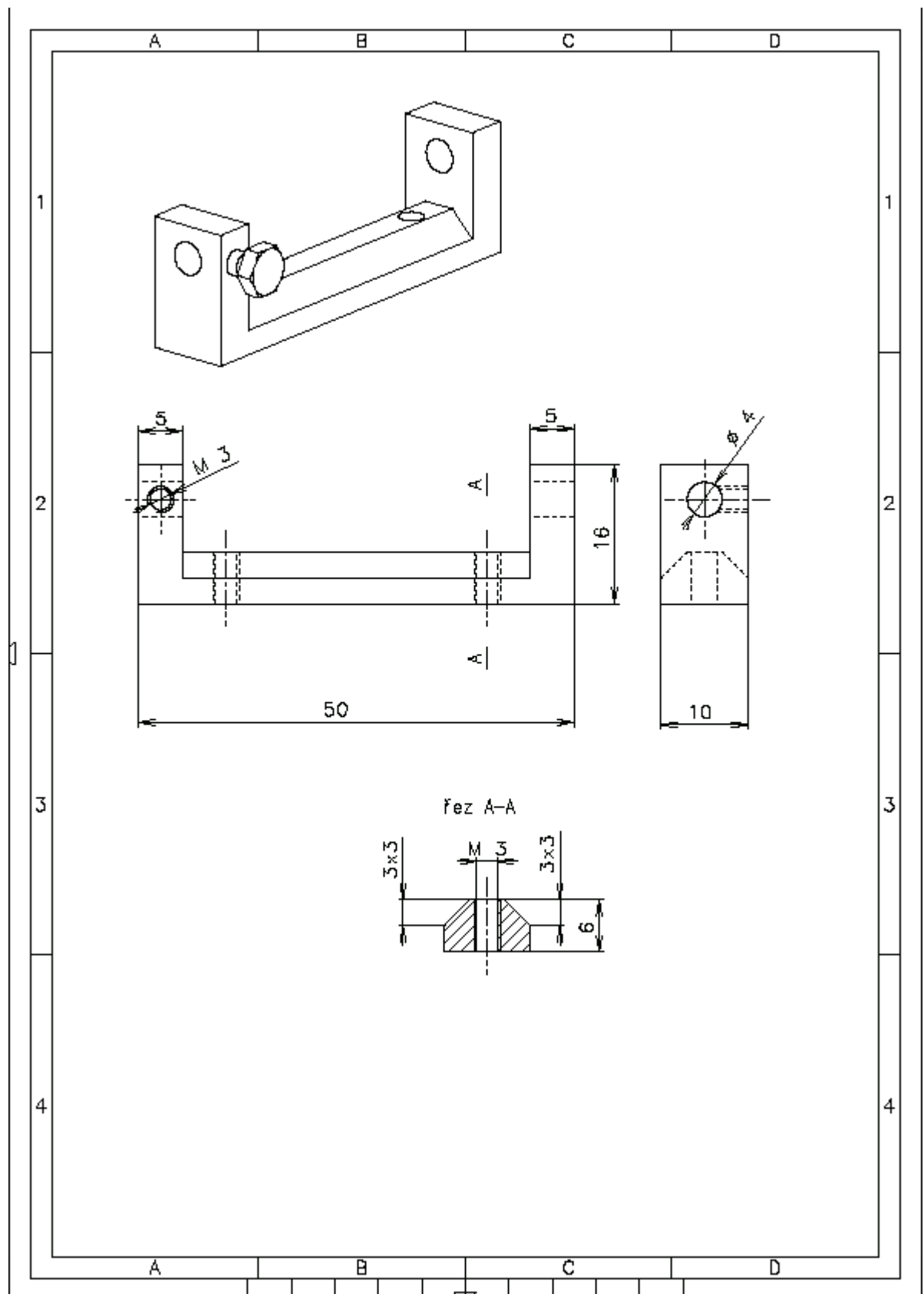
Návrhy klínů: Klín s $R = 0,75$ mm



Klín s R = 1 mm



Nosná konstrukce



G: Seznam elektronických příloh na CD

Kostra přípravku.pdf

Dolní montážní plech.pdf

Horní montážní plech.pdf

Pohyblivá vypínací kladka s pouzdrem.pdf

Ozubená řemenička.pdf

Plastový závitový válec.pdf

Vodící kladka.pdf

Rameno.pdf

Stavěcí šroub.pdf

Klín s $R = 0,75 \text{ mm}$.pdf

Klín s $R = 1 \text{ mm}$.pdf

Klín s $R = 1,5 \text{ mm}$.pdf

Nosná konstrukce.pdf
